

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Энергетический

Направление подготовки 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника, профиль

Оптимизация развивающихся систем электроснабжения промышленных предприятий

Кафедра Электроснабжения промышленных предприятий

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Автономные системы электроснабжения маломерных судов</b>

УДК 621.31.031:629.12

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM4E	Бельков С.А.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Муравлев И.О.	К.Т.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента	Грахова Е.А.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Дашковский А.Г.	К.Т.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Электроснабжения промышленных предприятий	Завьялов В.М.	К.Т.Н.		

Томск – 2016 г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение**  
**высшего профессионального образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  
**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Энергетический  
 Направление подготовки (специальность) 13.04.02 – Электроэнергетика и электротехника,  
профиль Оптимизация развивающихся систем электроснабжения промышленных  
предприятий  
 Кафедра Электроснабжения промышленных предприятий

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой Завьялов В.М.

\_\_\_\_\_  
 (Подпись) (Дата)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации (бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)
--

Студенту:

Группа	ФИО
5AM4E	Бельков Станислав Андреевич

Тема работы:

<b>Автономные системы электроснабжения маломерных судов</b>
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b> <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Новосибирская область, г. Новосибирск, река Обь, данные электрических нагрузок, данные солнечной инсоляции.
--	---

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b> <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Общие сведения о солнечных панелях, инверторах, контроллерах, аккумуляторах; 2. Анализ энергетического потенциала возобновляемых источников энергии; 3. Оценка солнечного потенциала; 4. Расчёт нагрузок; 5. Определение необходимой мощности солнечной эл. станции; 6. Выбор оборудования; 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 8. Социальная ответственность.
<b>Перечень графического материала</b>	Расположение объекта исследования; Однолинейная схема потребителей
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Ассистент кафедры менеджмента – Грахова Е.А.
«Социальная ответственность»	Доцент кафедры ЭБЖ – Дашковский А.Г.
«Раздел на английском языке»	Доцент кафедры ИЯЭИ – Матухин Д.Л.
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
<b>Physical principles of power generating based on photovoltaic modules</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭПП	Муравлев Игорь Олегович	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM4E	Бельков Станислав Андреевич		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b><i>Профессиональные компетенции</i></b>	
P1	<i>Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень, добиваться нравственного и физического совершенствования своей личности, обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности.</i>
P2	<i>Свободно пользоваться русским и иностранным языками как средством делового общения, способностью к активной социальной мобильности.</i>
P3	<i>Использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и производственных работ, в управлении коллективом, использовать знания правовых и этических норм при оценке последствий своей профессиональной деятельности.</i>
P4	<i>Использовать представление о методологических основах научного познания и творчества, роли научной информации в развитии науки, готовностью вести работу с привлечением современных информационных технологий, синтезировать и критически резюмировать информацию.</i>
<b><i>Профессиональные компетенции</i></b>	
P5	<i>Применять углубленные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в междисциплинарном контексте в инновационной инженерной деятельности в области электроэнергетики и электротехники.</i>
P6	<i>Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа в области электроэнергетики и электротехники с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей в условиях неопределенности.</i>
P7	<i>Выполнять инженерные проекты с применением оригинальных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества электроэнергетического и электротехнического производства в условиях жестких экономических и экологических ограничений.</i>
P8	<i>Проводить инновационные инженерные исследования в области электроэнергетики и электротехники, включая критический анализ данных из мировых информационных ресурсов.</i>

Код результата	<b>Результат обучения</b> <b>(выпускник должен быть готов)</b>
P9	Проводить <i>технико-экономическое обоснование</i> проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.
P10	Проводить <i>монтажные, регулировочные, испытательные, наладочные</i> работы электроэнергетического и электротехнического оборудования.
P11	<i>Осваивать новое</i> электроэнергетическое и электротехническое <i>оборудование</i> ; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организовывать профилактический осмотр и текущий ремонт.
P12	Разрабатывать рабочую <i>проектную и научно-техническую документацию</i> в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; организовывать метрологическое обеспечение электроэнергетического и электротехнического оборудования; составлять <i>оперативную документацию</i> , предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 132 страницы, 30 рисунков, 44 таблицы, 26 источников, 4 приложения.

Ключевые слова: автономное электроснабжение, солнечная электростанция, электростанция, солнечный модуль, солнечная радиация, накопитель электрической энергии.

Объектом исследования являются: Маломерное судно.

Цель работы: Проект солнечной электростанции с накопителями электрической энергии, способной обеспечить бесперебойное электроснабжение автономного потребителя за счет преобразования энергии солнца.

В процессе исследования проводились Расчет и выработки электрической энергии солнечными модулями, расчет и выбор емкости накопителей, разработка схемы солнечной электростанции, выбор оборудования солнечной электростанции.

В результате исследования построены графики выработки и потребления электрической энергии, выбраны тип и емкость аккумуляторных батарей, разработана схема солнечной электростанции и выбрано основное оборудование в соответствии со схемой.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: Разработанная схема солнечной электростанции способна обеспечить бесперебойное электроснабжение потребителя, как за счет накопителей электрической энергии, так и напрямую от фотоэлектрических элементов.

Область применения: Бесперебойное обеспечение потребителя электрической энергией на судах.

Экономическая эффективность/значимость работы: Замещение доли дизель-генераторов в выработке электрической энергии, обеспечение экологически чистой электроэнергией.

## **ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**

ВИЭ – возобновляемый источник энергии;

ФЭУ – фотоэлектрическая установка;

АКБ – аккумуляторная батарея;

СЭ – солнечные элементы;

СП - солнечные панели;

ГЭС - гидроэлектростанция

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	11
<b>1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МАЛОМЕРНЫХ СУДОВ.....</b>	<b>14</b>
1.1. Анализ и оценка современного состояния использования возобновляемых источников энергии на судах.....	14
1.2. Структурные схемы автономного электроснабжения маломерных судов.....	17
1.3. Анализ природных условий для создания систем электроснабжения на маломерных судах.....	20
1.3.1. Общие географические и климатические сведения для эксплуатации в городе Новосибирске.....	23
1.4. Типы и характеристики солнечных и аккумуляторных батарей.....	25
1.4.1. Типы солнечных модулей.....	25
1.4.2. Характеристики солнечных модулей.....	31
1.4.3. Характеристики аккумуляторных батарей.....	33
1.4.4. Типы инверторов, технические характеристики.....	35
1.4.5. Типы контроллеров заряда, технические характеристики.....	39
<b>2. ТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ.....</b>	<b>42</b>
2.1. Оценка солнечного энергетического потенциала при переменных координатах.....	42
2.2. Характеристики объекта электроснабжения.....	48
2.3. Расчет электрических нагрузок.....	49
2.4. Выбор оборудования солнечной электростанции.....	53
2.4.1. Выбор солнечных модулей.....	53
2.4.2. Выбор аккумуляторных батарей и инвертора.....	56
<b>3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ РАСЧЕТ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MATLAB/Simulink.....</b>	<b>59</b>



4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	68
4.1. Цели проекта.....	69
4.2. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	70
4.3. SWOT-анализ.....	71
4.4. Планирование этапов и выполнения работ проводимого научного исследования.....	76
4.5. Определение трудоемкости выполнения работ.....	78
4.6. Разработка графика проведения научного исследования.....	79
4.7. Расчет бюджета для научно-технического исследования.....	83
4.8. Определение целесообразности и эффективности научного исследования.....	90
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	94
5.1. Производственная безопасность.....	96
5.1.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	96
5.1.2. Микроклимат.....	96
5.1.3. Электромагнитное и ионизирующее излучение.....	98
5.1.4. Освещение.....	99
5.1.5. Шумы и вибрации.....	100
5.1.6. Электрический ток и статическое электричество.....	101
5.2. Человек и окружающая среда.....	102
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	105
5.3.1. Пожарная безопасность.....	105
5.3.2. Безопасность при чрезвычайных антропогенных и природных ситуациях.....	106
Заключение.....	108
Список использованных источников.....	109

Приложение А (Английский язык).....	111
Приложение Б (Технические характеристики солнечного модуля).....	130
Приложение В (Технические характеристики АКБ).....	131
Приложение Г (Технические характеристики инвертора).....	132

## **Введение**

Еще тысячи лет назад люди совершали длительные путешествия как по суше, так и по воде без использования каких-либо видов топлива, а о таком виде энергии, как электричество и не помышляли. Использование в качестве средств передвижения лошадей и парусных судов никак не назовешь ни практичным, ни комфортным. Транспорт на бензиновых и дизельных генераторах энергии также постепенно изживает себя. Новые способы передвижения – на энергии возобновляемых источников приобретают все больше приверженцев.

Быстро растущая популярность солнечных батарей не обошла стороной и водные виды транспорта. Солнечные панели устанавливаются на борту катеров и яхт и как дополнительный источник энергии, и как основной – на безмоторных судах. Электричество, генерируемое солнечными панелями, используется для запуска мореходного и коммуникационного оборудования, бортового освещения и т. д. Применение солнечных батарей на яхтах, особенно оправдано в случаях длительных путешествий в регионы земного шара, отличающиеся высоким уровнем инсоляции. Для таких судов солнечные модули изготавливают, как правило, на заказ [7].

Электромоторные суда на солнечных батареях для водных прогулок и рыбалки завоевывают все большую популярность. История появления первых водных транспортных средств, движимых энергией солнца, насчитывает уже многие десятилетия. Именно на воде было испытано первое транспортное средство с электроприводом. В 1833 году немецким инженером Якоби, работавшем в Петербурге, была спущена на воду лодка с двумя электромоторами, работающими от 27 гальванических батарей. Эксперимент оказался удачным: лодке удалось подняться вверх по Неве на несколько километров, что в те времена было невиданным достижением человеческой мысли. Правда, низкая энергоемкость батарей послужила препятствием к дальнейшим экспериментам и их пришлось прекратить. Тем не менее, начало было положено.

Начало 20 века ознаменовалось появлением маломерных судов с двигателями внутреннего сгорания. Более высокая энергоемкость углеводородного топлива в сравнении с гальваническими батареями заставили на время забыть о других источниках энергии. Лодки, катера, катамараны с мощными бензиновыми моторами еще долгие годы оставались самым востребованным видом водного транспорта. Электромоторные же суда, ввиду несовершенства аккумуляторных батарей того времени – сложности их зарядки и ограниченного ресурса,- до недавнего времени, наряду с электромобилями, практически не встречались [8].

Лодки и катера с жидкотопливными двигателями сегодня распространены повсеместно. Отравляя воду и воздух продуктами сгорания топлива, вызывая эрозию берегов водоемов сильными волнами, уничтожая природные экосистемы, моторные лодки уже не вызывают прежнего энтузиазма и заставляют обращать свой взор на альтернативные экологичные источники энергии. Солнечные суда на экологически чистой возобновляемой энергии могут стать наилучшим решением проблемы отдыха на природе, рыбалки и туризма, не отравляемыми ни ядовитыми выхлопами, ни шумом моторов.

Создание водных транспортных средств на солнечной энергии связано с меньшим количеством проблем, чем создание электромобиля:

- большая площадь палубы катера или лодки обеспечивает достаточную площадь для размещения требуемого количества солнечных батарей;

- отсутствие проблемы затенения деревьями, домами и др. позволяет вырабатывать большее количество энергии;

- разгон и торможение, преодоление подъемов и спусков, требующее повышенных мощностей,- прерогатива лишь наземного транспорта [7].

Все водные транспортные средства с солнечным приводом имеют аккумулятор, емкость и вес которого подбирается в зависимости от назначения

судна. На маломерных судах для водных прогулок в выходные они могут быть небольшими и заряжаться по рабочим дням. Солнечные батареи для их зарядки необязательно размещать в самой лодке, целесообразнее пользоваться услугами стационарной береговой гелиостанции. Для коротких водных прогулок аккумуляторы не обязательны, в таких случаях необходимо предусмотреть наличие резервного движителя: весел, педалей или паруса, которым может служить и сама солнечная батарея, являясь одновременно навесом, защищающим от непогоды.

Современные электромоторы обладают существенными преимуществами в сравнении с двигателями внутреннего сгорания. Они не нуждаются в смазке и смене масла, не требуют топлива, что позволяет не загромождать пространство емкостями для горючего.

Ключевым фактором в нашей работе является проблема автономного электроснабжения маломерного судна, решить которую мы беремся с использованием солнечной энергетики. В роли объекта электроснабжения выступает яхта Bavaria Virtess 420, предназначенная для водных прогулок [6].

# **1. АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МАЛОМЕРНЫХ СУДОВ**

## **1.1. Анализ и оценка современного состояния использования возобновляемых источников энергии на судах**

С 1988 года в ФРГ и США ежегодные соревнования солнечных яхт уже стали традицией. В 1994 году, в состоявшихся в Баварии на озере Химзее соревнованиях, участвовало 17 судов на солнечных батареях – от каноэ до комфортабельных судов с моторами мощностью 12 кВт. Катамаран «Инзер», созданный российскими инженерами, за 3 часа прошел 15-километровую дистанцию [9].

Развитие технологий постепенно приводило к тому, что солнечные батареи становились все эффективнее и дешевле, а аккумуляторы легче и мощнее. Уровень инженерной и технической мысли применительно к экологичным видам транспорта, как сухопутным, так и водным, был в полной мере продемонстрирован на международном экотуре «Финляндия-2000». Безусловным фаворитом специалистов и зрителей стала финская солнечная яхта «Сольвейг», палуба которой была облицована ярко-синими фотоэлектрическими модулями. Электромотор мощностью 1,5 кВт, навигационные приборы, бытовое электрооборудование – все запитывалось исключительно от солнечных батарей. В качестве дополнительного движителя предусмотрено использование паруса, закрепляющегося на специально приспособленной для него складывающейся мачте [10].

Из Монако отправилось в кругосветное путешествие крупнейшее в мире судно на солнечных батареях. Катамаран длиной 31 метр и шириной 15 метров весит 60 тонн. Это самое большое в мире судно, работающее исключительно на энергии солнца, что вполне соответствует его названию Planet Solar (Солнечная планета). Название Türanor взято из знаменитого "Властелина колец" Толкиена и означает «энергия или сила солнца». Общая площадь, покрывающих его 38 000 фотоэлектрических модулей составляет 537 м<sup>2</sup>, причем часть этих панелей по

краям судна и на корме являются складными. КПД солнечных батарей составляет 18,6 %, что позволяет солнечному макси-тримарану генерировать до 93 кВт электроэнергии, приводящей в движение 2 мотора мощностью 26,6 л. с., а также обеспечивать питание бортового оборудования и зарядку аккумуляторных батарей для движения в пасмурную погоду и ночью [10].

Его создатели – энтузиасты-яхтсмены из разных стран в соавторстве со швейцарскими учеными воплотили в жизнь свою мечту. Несмотря на то, что знаменитое экологичное судно создано по частной инициативе, правительством Швейцарии также была оказана финансовая поддержка проекту. Стоимость проекта оценивается в несколько миллионов евро.

Тримаран Planet Solar способен развить скорость до 15 узлов. Важным преимуществом судна является его бесшумность при движении. В случае непогоды, энергии, запасенной в аккумуляторах хватит на 3 дня плавания.

Судно вышло из Монако, прошло Средиземное море, пролив Гибралтар, пересекло Атлантический океан и успешно продолжает плавание по Тихому океану. В начале апреля 2011 года тримаран Turanor Planet Solar, осуществляющий свое первое и полностью экологичное кругосветное плавание с помощью лишь солнечной энергии, прибыл на остров Французской Полинезии - Бора-Бора [10].

Кругосветное плавание на Planet Solar в случае успеха станет не только рекордом для морских судов на солнечной энергии, но и докажет всему миру высокий потенциал и надежность возобновляемых источников энергии.

Предыдущее достижение автономного плавания на судне, движущемся за счет солнечной энергии, принадлежало кораблю Sun 21 и составило 29 дней. Швейцарская яхта Sun 21 пересекла Атлантический океан, пройдя 8 000 миль и не израсходовав при этом ни грамма углеводородного топлива.

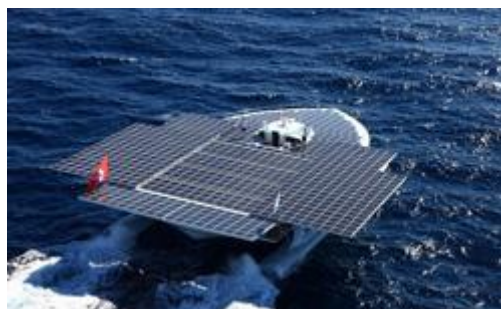


Рисунок 1.1.1 - Крупнейшее в мире судно на солнечных батареях Planet Solar

Оригинальный концепт круизной яхты был предложен дизайнерами компании Novague Studio. Новая яхта имеет две солнечные панели, размещенные по боковым сторонам судна, которые разворачиваются, когда энергия в бортовых батареях исчерпана.



Рисунок 1.1.2 – Круизная яхта

Каждый такой новый проект, пусть даже носящий демонстрационный, пропагандистский характер приближает то время, когда уже на полном серьезе можно будет говорить о транспортных судах на солнечных крыльях [10].



## 1.2. Структурные схемы автономного электроснабжения маломерных судов

Автономные солнечные энергосистемы позволяют полностью отказаться от генераторов, повысить комфорт и безопасность на борту судна и выйти на качественно новый уровень отдыха на воде. Один из основных компонентов системы гибкий солнечный модуль. Благодаря гибкой конструкции он может быть установлен практически на любой поверхности судна, сохраняя геометрию эстетичный вид лодки.

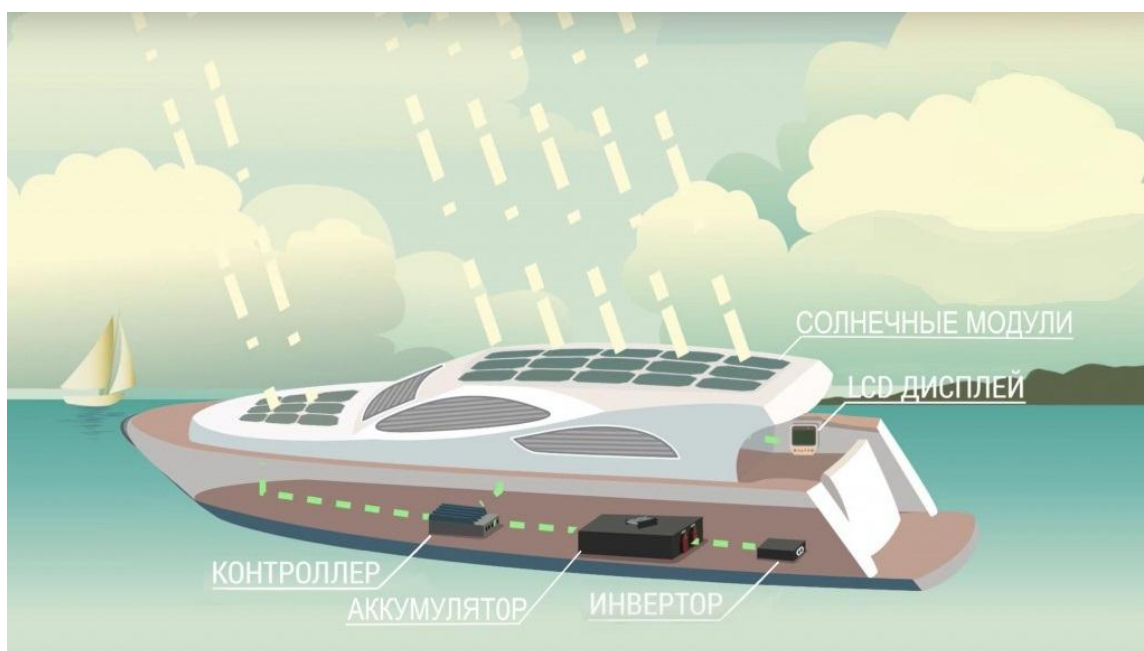


Рисунок 1.2.1 – Структурная схема автономного электроснабжения маломерного судна

Генерация электроэнергии происходит даже при рассеянном солнечном свете в пасмурную погоду. Контроллер заряда преобразует сгенерированную энергию и заряжает аккумуляторы. На панель приборов судна выводится интерактивный LCD – дисплей, наглядно отображающий информацию о состоянии заряда аккумуляторов.

При выключенном двигателе аккумуляторные батареи заряжаются от солнечных модулей. Этот процесс полностью автоматизирован и не требует контроля со стороны человека.

Инвертор преобразует накопленную энергию в аккумуляторных батареях в электрический ток напряжением 220 вольт, что позволяет подключать любые электроприборы.

Солнечная энергосистема на борту позволяет приобретать автономную энергию в любых местах и пользоваться любыми электроприборами на 220 В [11].

Для эффективного использования установок возобновляемой энергетики в составе автономных систем электроснабжения потребителей необходимо выполнение следующих основных технических требований:

- нестабильность первичной возобновляемой энергии солнечного излучения требует присутствия в системе гарантированного источника питания;
- разрабатываемая система должна обеспечивать запас энергии в объемах, достаточных для полного покрытия графика электрических нагрузок в накопителе, во время отсутствия первичного возобновляемого энергоресурса;
- система должна содержать полностью автоматизированные устройства, обеспечивающие рациональные и безопасные режимы заряда и разряда накопителя энергии.



Рисунок 1.2.2 - Структурная схема солнечной электростанции с подключением силовых модулей

Солнечная установка подключается к аккумуляторным батареям через контроллеры заряда-разряда, который выполняет функцию регулирования и индикации процессов заряда и разряда, предотвращая перезаряд и глубокий разряд. Так как выходная энергия фотоэлектрических модулей выдается на постоянном токе, для приведения ее к стандартным параметрам в составе системы необходим инвертор.

Довольно часто функцию контроля заряда-разряда выполняют конверторы постоянного напряжения, при этом отдельный контроллер заряда-разряда батареи не устанавливается. Обычно используются конверторы постоянного напряжения в постоянное напряжение (DC-DC конвертора) повышающего типа. Учитывая, что характеристика солнечного элемента нелинейная зависимость, система управления конвертором должна обеспечивать максимум отбора мощности [8].

### **1.3. Анализ природных условий для создания систем электроснабжения на маломерных судах**

Для правильного выбора источника возобновляемой энергии необходимо точно определить мощность её потоков в предполагаемом месте их использования. Осуществления данной задачи предполагает наличие большого количества информации. Сбор такой информации возможен при организации длительных и регулярных наблюдений и анализов полученных данных о параметрах выбранного источника.

С течением времени потребность энергии не постоянна. Например, максимальная потребность в электрической энергии - в утренние и вечерние часы и минимальная - в ночное время суток. Традиционные источники энергии могут подстраиваться под эти колебания, регулируя расход топлива или воды. При использовании нетрадиционных источников энергии колеблется не только спрос на энергию, но и мощность сами источников не постоянна во времени. Поэтому процесс согласования выработки и потребления электроэнергии в системе с ВИЭ представляется сложной задачей.

Все возобновляемые источники энергии, условно, представляются в трёх основных типах:

- химическая энергия;
- механическая энергия;
- тепловая и лучистая энергия.

В зависимости от типа возобновляемого источника энергии, он обладает определённым набором качеств энергии, присущих только данному типу. Под качеством энергии возобновляемого источника необходимо понимать ту долю энергии, которую возможно превратить в механическую работу.

ВИЭ с механической энергией обладают достаточно высоким качеством и пригодны для производства электроэнергии [12].

В зависимости от источника, механическая энергия способна достигать до 30% при использовании энергии ветра. При использовании энергии воды этот процент намного больше, до 75 % при использовании приливных и волновых

электроустановок. Качество тепловых и лучистых ВИЭ не сильно велико (до 35%) и ограничено вторым законом термодинамики.

Для источников энергии на основе фотонных процессов (солнечные панели), на данный момент технологического прогресса, практически не удалось получить качество выше 15 %. Лишь в космосе подобные устройства способны выдавать до 30 %.

Общемировой опыт в использовании ВИЭ, как показала практика, является отличным решением для электроснабжения отдалённых потребителей не имеющих централизованного электроснабжения.

Однако, ни один ВИЭ не является универсальным, способным к использованию в любой ситуации. Использование того или иного типа источника в первую очередь определяется природными условиями окружающей среды и необходимым количеством требуемой электроэнергии. Немаловажным условием является и стоимость того или иного источника.

Опираясь на представленную информацию можно выбрать наиболее экономичный и эффективный ВИЭ для тех или иных требуемых условий.

Необходимо сделать вывод, что не существует простого и универсального метода планирования энергетики на основе возобновляемых источников энергии. Размер района, на котором разумно планировать энергетику на возобновляемых источниках, может занимать площадь радиусом около 250 км.

При развитии энергетики, стоит помнить, что эффективнее и дешевле, как правило, увеличивать энергоэффективность потребителей нежели увеличивать число источников электроэнергии. Выполнив анализ потребителей и потенциальных ВИЭ, необходимо согласовать их с друг другом. Согласование предполагает выполнение следующих условий.

1. Проектируемая энергоустановка предполагает максимальную эффективность использования возобновляемого источника энергии. Потери при передачи электроэнергии от источника к потребителю должны быть минимальными, для обеспечения минимизации размеров энергетического оборудования.

2. При проектировании систем управления возобновляемых источников, следует помнить, что использование обратной связи между потребителем и источником не эффективно. Вырабатываемая энергия будет расходоваться не полностью. Неэффективность обратной связи обуславливается постоянным существованием в окружающем пространстве потоков используемой энергии.

3. Согласование потребления и производства энергии, без завышения мощности энергоустановки, возможно при наличии накопителей производимой энергии.

4. При невозможности согласования установки ВИЭ и потребителя от этой задачи отказываются. В таком случае возобновляемый источник энергии подключают к более мощной и универсальной энергосистеме.

5. Наиболее эффективным вариантом использование ВИЭ является схема, где в каждый момент времени к источнику подключается такое количество потребителей, суммарная мощность которых соответствует вырабатываемой мощности источника в данный момент [6].

Для системы электроснабжения маломерного судна буду рассматривать такие ВИЭ как солнце.

### **1.3.1. Общие географические и климатические сведения для эксплуатации в городе Новосибирске**

Благодаря континентальности климата Сибири, ее центральные районы получают больше солнечного света, чем районы Европы и Европейской части России, расположенные на той же широте. Традиционно считающийся наиболее «солнечным» Северный Кавказ и большая территория Центральной и Восточной Сибири характеризуются одинаковыми суммами приходящей солнечной радиации от 4 до 4,5 кВт•ч /м<sup>2</sup> •день. Большая часть территории РФ от южных до северных границ не зависимо от широты располагает одинаковыми солнечными ресурсами от 3,5 до 4 кВт•ч (м<sup>2</sup> •день). Сюда же относится и Новосибирская область. Для сравнения в самом «солнечном» районе Европы, на юге Испании, значение среднегодового дневного поступления солнечной радиации составляет 4,7 кВт•ч (м<sup>2</sup> •день), а на юге Германии, где в настоящее время активно внедряются солнечные установки, – 3,3 кВт•ч /м<sup>2</sup> •день. Безусловно, для России характерен гораздо более холодный климат, особенно в зимнее время, что накладывает ограничения и дополнительные требования к солнечным установкам [12].

Расположен в географическом центре России, в юго-восточной части Западной Сибири, на Западно-Сибирской равнине. Граничит на юго-западе с Казахстаном, на западе — с Омской, на севере — с Томской, на востоке — с Кемеровской областями, на юге — с Алтайским краем.

Находится на юго-востоке Западно-Сибирской равнины. Занимает главным образом южную часть Васюганской равнины и Барабинскую низменность. На востоке — отроги Салаирского кряжа (высота до 498 м). В центральной и южной частях — грядистый рельеф. Гряды высотой 6-10 м вытянуты с северо-востока на юго-запад. Межгрядные понижения заняты болотами и озерами. Месторождения нефти, природного газа, каменного угля, золота, керамических глин, торфа.

Главная река — Обь. В бассейне Оби — около 230 рек (Иня, Бердь, Шегарка, Бакса и др.), в бассейне реки Иртыш — до 85 рек (Омь, Тара, Тартас и др.); на территории области — около 3 тыс. озер (Чаны, Сартлан, Убинское и др.). Много болот (17 % общей площади). В области имеются значительные запасы подземных пресных и минерализованных вод. В районе Новосибирска — Новосибирское водохранилище [13].

Обь, река в Зап. Сибири. Образуется слиянием Катунь и Бии на Алтае. Впадает в Обскую губу Карского м., образуя дельту (площадь более 4 тыс. км<sup>2</sup>). 3650 км (от истока Иртыша 5410 км), площадь бассейна 2990 тыс. км<sup>2</sup>. В среднем и нижнем течении типично равнинная река. Половодье с апреля до июля в верховьях и до сентября в низовьях. Средний расход воды 12 700 м<sup>3</sup>/с; наибольший 42 800 м<sup>3</sup>/с. Основные притоки: Васюган, Б. Юган, Иртыш, Сев. Сосьва — слева, Чумыш, Томь, Чулым, Кеть, Тым, Вах — справа. Рыболовство. Судосходна. Новосибирская ГЭС. На Оби — города Барнаул, Новосибирск, Нижневартовск, Сургут, Салехард. Юганский заповедник.

Новосибирск находится в континентальной климатической зоне; среднегодовая температура воздуха +1,8 °С. Для города характерны большие колебания среднемесячных (38 °С) и абсолютных (88 °С) температур воздуха. Средняя температура воздуха в январе –16 °С, в июле +19 °С. Самая низкая температура зафиксирована в январе 1915 года (–51,1 °С), самая высокая — 12 июля 2014 года (+41,1 °С). Город расположен на границе лесостепной и лесной природных зон. Среднее годовое количество часов солнечного сияния — 2077 [13].



## **1.4. Типы и характеристики солнечных и аккумуляторных батарей**

### **1.4.1. Типы солнечных модулей**

#### **Солнечные панели из монокристаллических фотоэлектрических элементов**

Солнечные панели из монокристаллических фотоэлектрических элементов более эффективны, но и более дороги в пересчете на ватт мощности. Их КПД, как правило, в диапазоне 14-16%.

Основной материал -крайне чистый кремний, который проходит несколько стадий очистки от примесей. Данный материал хорошо освоен в области производства полупроводников. Кремниевый монокристалл растет на семени, которое медленно вытягивается из кремниевого расплава. Стержни, полученные таким путем, режутся на части толщиной от 0,2 до 0,4 мм.

Затем эти диски подвергаются ряду производственных операций, таких как:

- обтачивание, шлифовка и очистка;
- наложение защитных покрытий;
- металлизация;
- антирефлексионное покрытие.

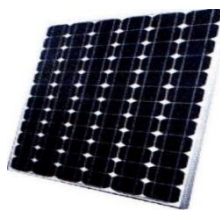


Рисунок 1.4.1 - Внешний вид панели из монокристаллических фотоэлектрических элементов

Обычно монокристаллические элементы имеют форму многоугольников, которыми трудно заполнить всю площадь панели без остатка. В результате удельная мощность солнечной батареи несколько ниже, чем удельная мощность отдельного ее элемента.

## **Солнечные панели из поликристаллических фотоэлектрических элементов**

Изготовление панели из поликристаллического кремния намного легче, так как этот материал состоит из случайно собранных разных монокристаллических решеток кремния.

Солнечные панели из поликристаллических фотоэлектрических элементов наиболее распространены ввиду оптимального соотношения цены и КПД среди всех разновидностей панелей. Их КПД составляет 12-15%. У элементов, образующих панель, характерный синий цвет и кристаллическая структура.



Рисунок 1.4.2 - Внешний вид панели из поликристаллических фотоэлектрических элементов

Поликристаллический кремний формируется, когда кремниевый расплав охлаждается медленно и находится под контролем. При производстве поликристаллических панелей операция вытягивания, характерная для производства монокристаллических элементов, не осуществляется, что делает производство менее энергоемким и более дешевым. Однако внутри кристалла поликристаллического кремния имеются области, отделенные зернистыми границами, вызывающие меньшую эффективность элементов.

Далее речь пойдет о тонкопленочных солнечных батареях. Все данные типы батарей имеют два основных преимущества в сравнении с кремниевыми: хорошая гибкость и низкая масса. С развитием технологий производства и увеличением эффективности преобразования возможно данные преимущества станут ключевыми и приведут к повсеместному распространению таких типов солнечных элементов. Рассмотрим более подробно три основных вида тонкопленочных солнечных батарей.

## **Солнечные панели из аморфного кремния**

Солнечные батареи из аморфного кремния обладают одним из самых низких КПД. Обычно его значения в пределах 6-8%. Однако среди всех кремниевых технологий фотоэлектрических преобразователей они вырабатывают самую дешевую электроэнергию из-за дешевизны производства и как следствия низкой себестоимости элементов.

Аморфный кремний получается при помощи «техники испарительной фазы», когда тонкая пленка кремния осаждается на несущий материал и защищается покрытием. Эта технология имеет ряд недостатков и преимуществ.

Преимущества:

- процесс производства солнечных панелей на основе аморфного кремния относительно простой и недорогой;
- возможно производство элементов большой площади;
- низкое энергопотребление.

Недостатки:

- Эффективность преобразования значительно ниже, чем в кристаллических элементах;
- Элементы подвержены процессу деградации. Это вызвано более быстрым, чем у кристаллических видов, выгоранием слоев кремния под воздействием солнечной радиации. Поэтому эффективность солнечных батарей на основе аморфного кремния уже через два месяца эксплуатации снижается почти на 20%. В целом их срок службы составляет не более 8-10 лет.



Рисунок 1.4.3 - Внешний вид панели из аморфного кремния

### **Солнечные панели из теллурида кадмия**

Солнечные панели из теллурида кадмия (CdTe) создаются также на основе пленочной технологии. Полупроводниковый слой наносят на подложку в несколько сотен микрометров. Эффективность элементов из теллурида кадмия невелика, КПД около 11%. Однако, в сравнении с кремниевыми панелями, ватт мощности этих батарей обходится на несколько десятков процентов дешевле.



Рисунок 1.4.4 - Внешний вид панели из теллурида кадмия.

### **Солнечные панели из CIGS**

CIGS - это полупроводник, состоящий из меди, индия, галлия и селена. Пленку этого состава получают путем распыления меди, индия и галлия с дальнейшей обработкой парами селена. В сравнении с панелями из теллурида кадмия обладает более высокой эффективностью, его КПД достигает до 15%.

Сегодня на рынке наиболее заметны кристаллические кремниевые элементы (около 85% мирового рынка). Солнечные панели из поли- и монокристаллических фотоэлектрических элементов наиболее распространены ввиду оптимального соотношения цены и КПД среди всех разновидностей панелей.



Рисунок 1.4.5 - Внешний вид панели из CIGS проводника.

Тонкопленочные солнечные элементы (около 15% рынка) представляют большой интерес в связи с их постоянным удешевлением, связанным с меньшим использованием чувствительного материала и более дешевыми технологиями. Ожидается, что в силу этих и других факторов стоимость получаемых материалов будет достаточно низкой при массовом производстве и применение СЭ. К примеру в США планируется снижение цены на 20% на тонкопленочные фотоэлектрические модули, которое будет достигнуто к 2014 году. На рынке солнечных батарей ожидается рост доли тонкопленочных батарей от 15% в 2009 до 30,5 % к 2015 году [12].

При осуществлении выбора солнечных батарей обратим внимание именно на батареи из кристаллического кремния. Выбор в пользу кремниевых, а не тонкопленочных элементов обусловлен следующими обстоятельствами:

- Батареи на основе аморфного кремния имеют ярко выраженный недостаток в виде деградации.

- Наиболее эффективные тонкопленочные элементы на основе CIGS технологии занимают лишь 2 % мирового рынка солнечных элементов. Поставка батарей такого типа практически не осуществляется в данный момент на отечественный рынок

При выборе солнечных элементов возникает вопрос, сможет ли тот или иной тип фотоэлектрических преобразователей обеспечить необходимую мощность всей системы. Одинаковую мощность всей установки можно получить при помощи любых типов солнечных батарей, однако более эффективные фотоэлектрические преобразователи займут меньше места, для их размещения понадобится меньшая площадь. Например, если для получения одного киловатта электроэнергии потребуется около 8 кв.м, поверхности солнечной батареи на основе монокристаллического кремния, то панели из аморфного кремния займут уже около 20 кв.м.

Приведенный пример, конечно же, не является абсолютным. На выработку электроэнергии фотоэлектрическими преобразователями влияет не только общая площадь солнечных панелей. Электрические параметры любой солнечной

батареи определяются в так называемых стандартных условиях тестирования, а именно при интенсивности солнечного излучения 1000 Вт/кв.м, и рабочей температуре панели 25° С.

В странах Центральной и Восточной Европы интенсивности солнечного излучения редко достигает номинального значения, поэтому даже в солнечные дни фотоэлектрические панели работают с недогрузкой. Может показаться, что и температура 25° С тоже встречается не так уж и часто. Однако речь идет о температуре солнечной панели, а не о температуре воздуха [11].

### 1.4.2. Характеристики солнечных модулей

В качестве основных технических параметров солнечных модулей производитель указывает:

- Габариты (мм\*мм)
- Вес (кг)
- Мощность (Вт)
- Напряжение рабочее (В)
- Напряжение в точке максимальной мощности (В)
- Напряжение холостого хода (В)
- Рабочий ток (А)
- Ток короткого замыкания (А)

Все значения параметров приводятся для стандартных условий измерения: величина освещенности - 1000 Вт/м<sup>2</sup>, температура - 25 °С.

Ниже приведены характеристики стандартных солнечных панелей некоторых производителей. Приведенные данные позволяют сопоставить стоимость батарей различных поставщиков.

Таблица 1.4.2.1 - Параметры солнечных батарей компании «Exmork» [11].

Модель	Мощность, Вт	U <sub>хх</sub> , В	U <sub>м</sub> , В	I <sub>м</sub> , А	Размеры, мм	Вес, кг	Цена, руб.
ФСМ-50	50	21,34	17,79	2,81	830x420x25	4,5	3339
ФСМ-100	100	22,63	18,86	5,30	1200x550x35	8,57	6431
ФСМ-160	160	22	17,5	9,14	1482x670x35	12,9	10290
ФСМ-200	200	43,44	36,21	5,54	1580x670x30	9,05	12862
ФСМ-250	250	36,15	30,62	8,14	1640x992x35	22	16078
ФСМ-300	300	43,15	36	8,33	1956x992x45	23	19294
ФСМ-320	320	43,15	36	8,89	1956x992x50	23	21372

Таблица 1.4.2.2 - Параметры солнечных батарей компании «Энергоимперия» [15].

Модель	Мощность, Вт	$U_{xx}$ , В	$U_m$ , В	$I_m$ , А	$I_{kз}$ , А	Размеры, мм	Вес, кг	Цена, руб.
ФСМ-95	95	20,5	17,52	5,13	5,57	1193x543x35	9	6100
ФСМ-140П	140	21,6	18	7,77	8,44	1305x655x28	11	7500
ФСМ-150	150	22,6	19	7,89	8,53	1476x667x35	12	89000
ФСМ-190	180	43,8	36,5	5,21	5,8	1340x990x38	15,5	10500
RZMP-200	200	35,7	27,7	7,25	7,9	1640x980x36	21,5	14800
RZMP-210	210	36,2	28,1	7,5	8,1	1640x980x36	17	15550

Где:

$U_{xx}$  - напряжение холостого хода;

$U_m$  - напряжение при максимальной мощности;

$I_m$  - ток при напряжении максимальной мощности;

$I_{kз}$  - ток короткого замыкания.

Из приведенной выше продукции наиболее дешевыми (в сравнении цены за ватт номинальной мощности) являются батареи компании «Exmork». КПД монокристаллических солнечных батарей данной компании доходит до 14 %. Таким образом есть возможность приобретения батарей с КПД близким к максимальному. Производитель солнечных элементов - Компания Solarenergo входит в пятерку лучших в мире. Солнечные модули и элементы данной компании поставляются во многие страны мира и считаются одними из лучших в индустрии солнечной энергетики. Срок гарантии на данные фотоэлектрические модули составляет 10 лет. Производитель гарантирует сохранение заявленной мощности более чем 90% от номинальной мощности в течение 15 лет [15].

Таким образом, за сравнительно невысокую стоимость мы получаем довольно качественные и эффективные батареи.



### 1.4.3. Характеристики аккумуляторных батарей

Повысить эффективность использования солнечных элементов в автономных системах электроснабжения возможно за счет использования накопителей энергии в виде аккумуляторов.

Электрический аккумулятор – химический источник тока многоразового действия (вторичный химический источник тока), основная специфика которого заключается в обратимости внутренних химических процессов, что обеспечивает его многократное циклическое использование (через заряд-разряд) для накопления энергии и автономного электропитания различных электротехнических устройств и оборудования [7].

Химическими источниками тока называются устройства, в которых химическая энергия при разряде за счет окислительно-восстановительных процессов превращается в электрическую [10].

Разные типы аккумуляторов имеют не только различную стоимость, но и отличаются по основным параметрам: количеству циклов перезарядки, максимальному сроку хранения, отдаваемой емкости, внутреннему сопротивлению, размерам, объему электролита, температурному диапазону работы, возможностям ускоренной зарядки. Разрядные характеристики аккумуляторных батарей зависят от величины тока разряда. Срок службы аккумуляторов также зависит от эксплуатационных особенностей, частоты и глубины заряда-разряда, величин зарядного и разрядного тока.

При проектировании системы автономного электроснабжения на базе возобновляемых источников энергии, рассмотрим гелевые аккумуляторные батареи. Это наиболее совершенный, на сегодняшний день, тип аккумуляторов. Кроме того, эти типы аккумуляторов – мало обслуживаемые, следовательно эксплуатационные затраты, связанные с их использованием, будут значительно ниже. В связи с этим, использование гелевых аккумуляторов наиболее удобно и выгодно для солнечной электростанции. Основные параметры, которыми обычно руководствуются при выборе электрических аккумуляторов, являются емкость, срок службы и стоимость.

Таблица 1.4.3 – Технические характеристики АКБ типа DELTA GX 12

Тип АКБ	U(B)	C(A*ч)	Д(мм)	Ш(мм)	В(мм)	Цена
DELTA GX 12-40	12	40	197	165	170	7300
DELTA GX 12-55	12	55	239	132	235	9400
DELTA GX 12-75	12	75	258	166	215	12700
DELTA GX 12-100	12	100	330	171	220	15000
DELTA GX 12-150	12	150	482	170	240	23000
DELTA GX 12-200	12	200	522	238	227	29300
DELTA GX 12-230	12	230	520	269	208	34300

Свинцово-кислотный аккумуляторы DELTA серии GX изготовлены по технологии GEL. В качестве электролита используется загущенная серная кислота в виде геля, что обеспечивает устойчивость аккумулятора к глубоким разрядам и высокую стабильность.

#### **1.4.4. Типы инверторов, технические характеристики**

В энергетике весьма часто возникает необходимость преобразования одних величин в другие потому, что электрическую энергию производят источники переменного или постоянного тока. Для них создаются соответствующие потребители: электродвигатели, трансформаторные устройства, бытовые приборы.

Во многих отраслях деятельности, как и в альтернативной энергетике, возникает необходимость эксплуатации потребителей от комбинированных источников. Аккумуляторные батареи заряжают, а радиотехнические приборы, компьютерные устройства питают постоянным током или выпрямленным от генераторов электроэнергии с вращающимся электромагнитным полем.

Обратную задачу работы электродвигателей синусоидальных гармоник бытовых электроприемников от источников постоянного тока решают преобразованием электроэнергии в переменную с помощью специально разработанных сложных электрических конструкций, которые называют инверторами.

##### **Назначение и задачи инвертора**

По способу подключения к солнечной станции, потребителям и аккумуляторам инверторы подразделяются на:

- сетевые,
- автономные,
- гибридные.

Сетевые модели с обозначением “on grid” работают от солнечной электростанции на нагрузки общественной электрической сети. Они больше всего используются в системах с мощностями, превышающими 10 кВт, характерны для применения в странах Европы. В условиях России положения «Зеленого тарифа» не дают право частным лицам на использование этого метода.

Автономные инверторы обозначают “off grid”. Их подключают к домашним бытовым потребителям, а запитывают от аккумуляторных батарей, подзаряжаемых солнечными модулями через контроллеры.

Гибридные конструкции используют оба метода подключения. Они хорошо сочетаются со схемами источников бесперебойного питания, могут посредством автоматики контроллера работать от аккумуляторной батареи и/или солнечного модуля при необходимости.

### Принципы работы инвертора

Во время эксплуатации небольшая часть приложенной энергии теряется на нагрев элементов схемы и побочные процессы. Поэтому выходная мощность всегда ниже затраченной. Эффективность хорошей конструкции определяется КПД с величиной 90 - 95%.

Инвертор принято считать генератором периодического напряжения, которое по форме очень близко к синусоидальным гармоникам или значительно отличается от него формой выходного сигнала.

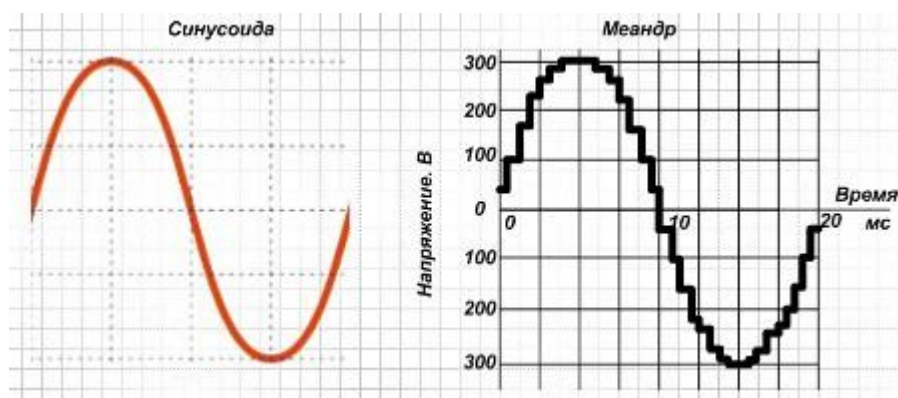


Рисунок 1.4.4.1 - Графики синусоидального колебания и его аналога, вырабатываемого инвертором

На графике представлены принципиальные виды синусоиды и близкого к ее виду напряжения на выходе инвертора, которое принято называть «Меандр». В зависимости от сложности конструкции с возможностями реализации ею различных функций форма меандра может быть еще больше приближена к характеристикам синуса или загрублена, напоминая на каждой полуволне своим видом обыкновенные трапеции или даже прямоугольники.

Для домашних солнечных электростанций в России наибольшим спросом пользуются схемы, создающие одну фазу переменного напряжения с величиной 220 вольт.

Для преобразования постоянного тока инвертор может работать по трансформаторной схеме или без нее. Наличие трансформатора значительно утяжеляет конструкцию, но позволяет создавать высококачественный выходной сигнал.

Система охлаждения устройства может использовать принудительно работающий вентилятор. В дорогих конструкциях уделяется внимание:

- бесшумности,
- использованию нескольких режимов работы, зависящих от нагрузки (особенно при перегреве).

Выпускаемые промышленностью инверторы могут из однофазных систем объединяться в трехфазные устройства повышенной мощности. Они способны выполнять различные задачи вплоть до передачи излишек вырабатываемой электроэнергии в промышленную сеть [15].

### **Основные правила выбора инвертора**

Бытовые приборы постоянного тока и аккумуляторы эксплуатируют стандартные значения напряжений 12/24/36/48 вольт в зависимости от своей конструкции. Производители инверторов под каждый указанный вид напряжения выпускают свое оборудование. Это следует анализировать при выборе модели.

При эксплуатации инвертора следует учитывать:

- пиковую мощность энергопотребления,
- четыре фазы работы: пусковой режим, стадию длительного преобразования электроэнергии при номинальной мощности, холостой ход, перегрузки.

Пиковая мощность потребителей измеряется за определенный момент времени при создании критических нагрузок, может значительно превышать номинальные величины стандартной сети ~220V/50Hz.

В пусковом режиме инверторы способны отдавать завышенные мощности в течение короткого времени запуска электродвигателей (несколько миллисекунд) и ввода в работу емкостных нагрузок. Такой режим характерно

проявляется при включении холодильников, стиральных и посудомоечных машин.

Режим длительной работы должен соответствовать номинальным характеристикам выбираемой конструкции.

Потребляемая мощность устройства без нагрузки на выходе не должна превышать 1% номинальной у качественных моделей.

При фазе перегрузки отдельные виды инверторов могут надежно передавать мощности, превышающие до 50% номинального значения в течение получаса. Но эта способность у каждой модели прибора выполнена по-разному.

Определить величину идеальной нагрузки весьма проблематично. Поэтому инверторы подбирают с созданием резерва мощности, обладающего запасом до 20% от расчетных величин.

В разветвленной домашней сети нагрузка может постоянно колебаться в большом диапазоне значений. При таком ее характере рекомендуется приобретать не один мощный инвертор, а рассчитать оптимальное количество ступеней используемых мощностей для приобретения нескольких моделей, поочередно коммутируемых схемой автоматики для экономичного, оптимального использования ресурса оборудования.

Наличие встроенных защит характеризует качество инвертора, который должен выводиться из работы при:

- отклонении питающего напряжения по верхнему и нижнему уровню,
- возникновении коротких замыканий в выходной цепи,
- перегрузках по току и температуре.

В случаях снижения нагрузки до минимальных величин схема автоматики может переводить инвертор в режим ожидания. Но эта функция присуща не всем моделям [15].

### 1.4.5. Типы контроллеров заряда, технические характеристики

Контроллеры заряда аккумуляторов от солнечных батарей предназначены для оптимизации режима заряда/разряда аккумуляторных батарей. В фотоэлектрической системе контроллер заряда находится между солнечной панелью и аккумулятором. Основная функция контроллера – нормировать напряжение, которое вырабатывается панелями, к напряжению, которое необходимо, чтобы заряжать аккумуляторы. Контроллер отключает солнечные панели от аккумуляторов при их полной зарядке, чтобы избежать перезаряда.

#### Основные функции контроллера заряда:

- регулирование процессов заряда и разряда аккумуляторов;
- предотвращение перезаряда аккумуляторов;
- предотвращение глубокого разряда аккумуляторов;
- отключение/включение нагрузки, если нагрузка подключена через контроллер;
- не допускает обратного тока в ночное время.

#### Виды контроллеров заряда аккумуляторов от солнечных батарей

В фотоэлектрических системах используют в основном контроллеры двух типов технологии:

- **ШИМ (PWM)**- широтно-импульсная модуляция (Pulse-width modulation);
- **MPPT** - поиск точки максимальной мощности (Maximum Power Point Tracking).

**1. Контроллер с ШИМ** - это последовательный контроллер и он отключает зарядку не закорачивая солнечные модули. Его алгоритм работы позволяет достигать 100% уровень зарядки аккумулятора.

**ШИМ - контроллеры** обычно используются в системах малой мощности - до 2 кВт, где требуется зарядка аккумуляторов относительно небольшой емкости и количество установленных модулей не превышает 10 шт. Широтно-импульсные контроллеры имеют только светодиодную индикацию, а некоторые модели оборудованы также LCD-экранами, на них выводится вся текущая информации, касающаяся работы системы.

Контроллер с широтно-импульсной модуляцией позволяет заряжать аккумулятор от солнечных батарей на 20%-30% эффективнее, чем более простой on-off контроллер.

**2. Контроллер MPPT** работает по технологии управления максимальными пиками энергии. Это технология позволяет заряжать АКБ с более низким номинальным напряжением, чем номинальное напряжение солнечной батареи. Т.е. появляется возможность зарядки аккумулятора с номинальным напряжением 12В от солнечной батареи, которая имеет номинальное напряжение 24В или 48В. Это осуществляется благодаря отслеживанию точки максимальной мощности (Maximum Power Point Tracking) и преобразованию высокого напряжения солнечной батареи в более низкое, но с большей силой тока. Мощность источника при данном преобразовании не изменяется. КПД MPPT контроллера около 94-98%.

Их целесообразно использовать в фотоэлектрических системах, где несколько солнечных панелей подключены последовательно и их суммарное напряжение превышает суммарное напряжение аккумулятора. Так, несколько последовательно соединенных модулей подключаются к контроллеру MPPT и чем выше общее напряжение модулей, тем при более низкой освещенности продолжается заряд аккумулятора.

В зависимости от модели, MPPT контроллеры могут принимать напряжение до 240В и силу тока до 80 ампер. Это позволяет подключать на один



контроллер солнечные модули суммарной мощностью до 4000Вт при напряжении 48В.

Также MPPT контроллеры имеют более расширенные функциональные возможности. Это может быть:

- автоматический выбор системного напряжения (12В, 24В, 48В);
- более широкие настройки для заряда аккумуляторов;
- наличие счетчиков энергии, которая получена солнечными модулями в течении суток или месяца;
- возможность при помощи дополнительного оборудования или самостоятельно передавать основные параметры системы в Интернет или на мобильный телефон пользователя;
- встроенные реле времени, которые позволяют включать ночное освещение (при этом солнечная панель используется контроллером в роли «оценщика времени суток»);
- возможность заряжать два независимых аккумулятора;
- возможность утилизации излишка энергии на подогрев воды;

**MPPT контроллеры** имеют большое количество степеней защиты (от короткого замыкания, от перегрева, от неверной полярности подключения, от перенапряжения на входе, от обратного тока в ночное время и т.п.).

Контроллеры подбираются индивидуально к каждой фотоэлектрической системе с учетом множества факторов. Если же в будущем планируется добавление в систему солнечных модулей, то лучше использовать контроллер, рассчитанный на более мощную систему, чтобы в последствии его не заменять. Если же мощности контроллера не достаточно, чтобы оптимально обслуживать всю фотоэлектрическую систему, то можно использовать несколько контроллеров.

## 2. ТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ И ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ

### 2.1. Оценка солнечного энергетического потенциала при переменных координатах

Потенциальные возможности прихода солнечной радиации, определяются географической широтой места. Климатические характеристики района, косвенно характеризующиеся продолжительностью солнечного сияния, вносят существенные коррективы в возможность эффективного использования энергии солнца.

Таблица 2.1.1 - Среднедневные и среднемесячные суммы солнечной радиации

	Сумма солнечной радиации, кВт*ч/м <sup>2</sup>											
	Янв	Фев	Мар	Апр	Май	Июн	Июл	Авг	Сен	Окт	Ноя	Дек
Ср.мес	23,2	46,4	98,7	125,5	159,1	177,8	172,3	135,7	90,2	44,9	24,4	18,6
Ср.днев	0,77	1,54	3,29	4,18	5,3	5,93	5,74	4,53	3	1,5	0,82	0,62

Таблица 2.1.2 – Инсоляция в период с 2010-2015г

Месяц	$\lambda$ , кВт*ч/м <sup>2</sup> в месяц					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Январь	23,40	23,80	24,10	23,20	22,90	23,50
Февраль	46,30	46,80	45,90	46,20	45,30	46,20
Март	98,30	98,70	98,20	97,90	98,10	98,40
Апрель	125,50	125,10	124,90	125,80	125,30	125,20
Май	159,20	159,10	159,40	159,90	158,80	159,30
Июнь	177,80	177,40	177,90	177,70	177,10	176,90
Июль	172,20	172,80	172,50	172,40	171,80	172,90
Август	135,10	135,50	135,80	135,20	135,30	134,90
Сентябрь	90,30	90,20	90,40	89,98	90,32	90,54
Октябрь	44,90	44,56	44,34	44,76	44,46	44,33
Ноябрь	24,40	24,80	24,87	24,22	24,00	23,98
Декабрь	15,83	15,58	15,43	15,77	15,41	15,98

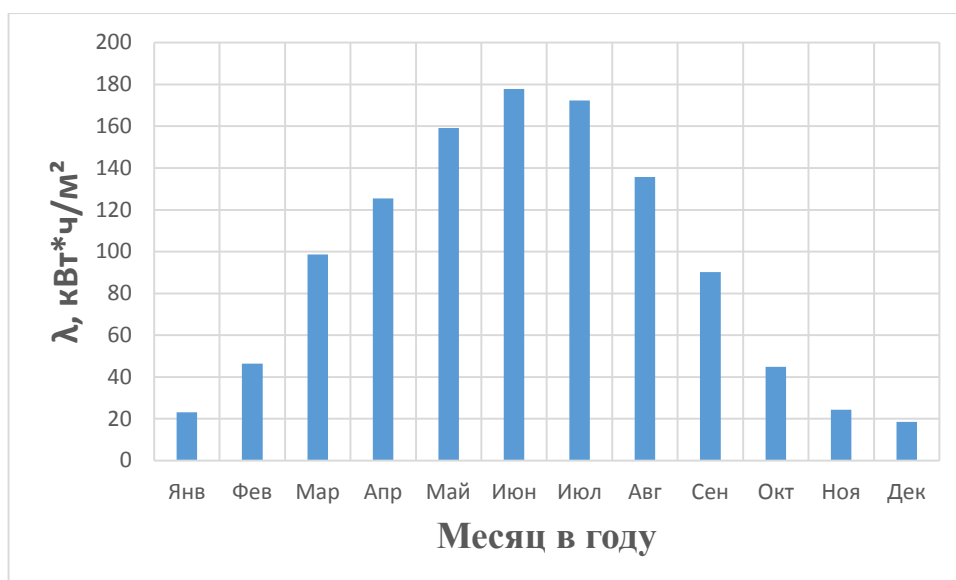


Рисунок 2.1.1 – Среднемесячные суммы солнечной радиации

В таблице 2.1.3 приведены усредненные данные о восходе и заходе солнца, на основе которых вычислена продолжительность светового дня.

Таблица 2.1.3 – Продолжительность светового дня

Сезон	Восход	Закат	Длительность
Зима	09:00:00	17:08:00	08:08:00
Весна	05:36:00	20:14:00	14:37:00
Лето	04:21:00	21:40:00	17:18:00
Осень	07:14:00	18:06:00	10:51:00

В качестве примера произведем расчет для зимы.

Для построения графика значения солнечной энергии в зависимости от времени суток воспользуемся следующим алгоритмом.

В качестве примера произведем расчет для зимы. Для каждого часа в сутках отметим наличие или отсутствие солнца, начиная с часа восхода по час

заката (таблица 2.1.3). Далее подсчитываем количество часов с солнцем, в данном случае  $N=8$ .

Строить график будем в виде синусоиды, в диапазоне углов от 0 до 180 (восход = 0, закат = 180), поэтому для каждого часа солнечной активности назначим угол, в соответствии с количеством часов продолжительности дня.

Разбиваем 9 часовой интервал на равные промежутки и получаем, что за час угол изменяется на 22,5 градуса. Учитывая, что в час восхода и в час заката, также производится выработка электроэнергии, изменим значения угла вручную, чтобы выработка в эти часы не равнялась 0.

Определяем мощность, которую можно получить с 1 м<sup>2</sup> за 1 час, столбец 4:

$$P' = \frac{\lambda}{24} \cdot \sin \varphi_i$$

Просуммировав полученные значения мощности, заметим, что получившееся значение отличается от величины суточной инсоляции на квадратном метре. Следовательно, необходимо найти поправочный коэффициент:

$$K_{\pi} = \frac{\lambda}{\sum P' i} = \frac{0,69}{0,145} = 4,741$$

Используя поправочный коэффициент, найдем значения мощности для каждого часа  $W$ :

$$P = P'_i \cdot 4,741$$

Для остальных сезонов расчёт аналогичен.

На рисунке 2.1 приведены суточные графики вырабатываемой активной мощности с квадратного метра под действием солнечного излучения для каждого из сезонов. В таблице 2.4 отражены численные значения этих мощностей.

Таблица 2.1.4 – Построение графика энергии солнца, для зимнего сезона

1	2	3	4	5	6
$T$	$flag$	$\phi$	$P'$	$P$ , кВт/м <sup>2</sup>	$W$ , кВт·ч/м <sup>2</sup>
00:00:00	0	0	0	0	0
01:00:00	0	0	0	0	0
02:00:00	0	0	0	0	0
03:00:00	0	0	0	0	0
04:00:00	0	0	0	0	0
05:00:00	0	0	0	0	0
06:00:00	0	0	0	0	0
07:00:00	0	0	0	0	0
08:00:00	0	0	0	0	0
09:00:00	0	0	0	0	0
10:00:00	1	1	0,000502	0,002379	0,002379
11:00:00	1	22,5	0,011002	0,052161	0,052161
12:00:00	1	45	0,020329	0,096381	0,096381
13:00:00	1	67,5	0,026562	0,125928	0,125928
14:00:00	1	90	0,02875	0,136303	0,136303
15:00:00	1	112,5	0,026562	0,125928	0,125928
16:00:00	1	135	0,020329	0,096381	0,096381
17:00:00	1	157,5	0,011002	0,052161	0,052161
18:00:00	1	179	0,000502	0,002379	0,002379
19:00:00	0	0	0	0	0
20:00:00	0	0	0	0	0
21:00:00	0	0	0	0	0
22:00:00	0	0	0	0	0
23:00:00	0	0	0	0	0
Итого	-	-	0,14554	0,69	0,69

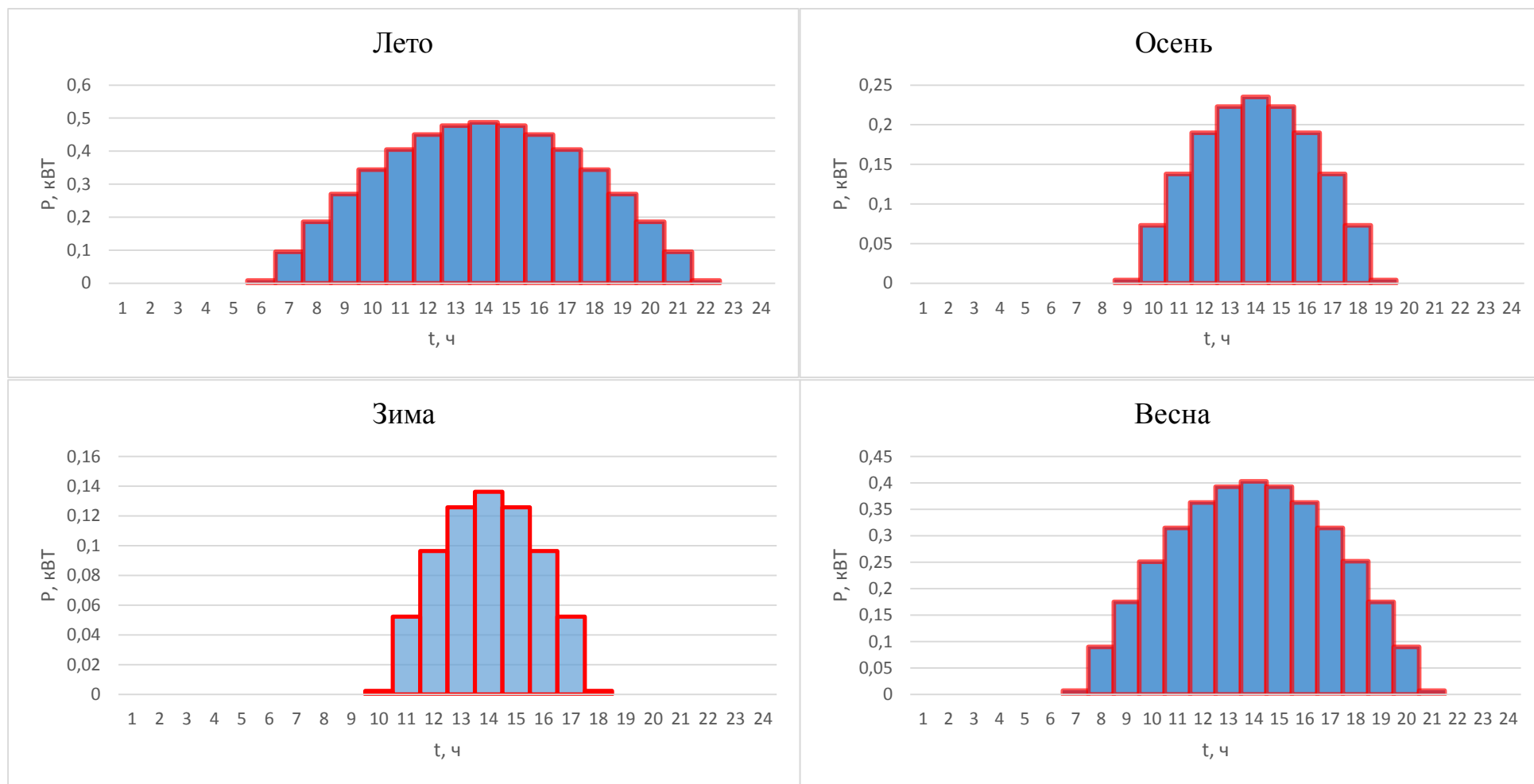


Рисунок 2.1.2 – Сезонные графики вырабатываемой активной мощности за счет солнечной энергии с  $1 \text{ м}^2$

Таблица 2.1.5 - Суточные графики активных нагрузок и вырабатываемой мощности с 1 квадратного метра за счет энергии солнца

t, ч	Зима		Весна		Лето		Осень	
	Pз	Wз	Pв	Wв	Pл	Wл	Pо	Wo
1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0,008	0,008	0	0
7	0	0	0,007	0,007	0,095	0,095	0	0
8	0	0	0,09	0,09	0,186	0,186	0	0
9	0	0	0,175	0,175	0,27	0,27	0,004	0,004
10	0,0024	0,0024	0,251	0,251	0,344	0,344	0,073	0,073
11	0,0522	0,0522	0,315	0,315	0,405	0,405	0,138	0,138
12	0,0964	0,0964	0,363	0,363	0,45	0,45	0,19	0,19
13	0,1259	0,1259	0,393	0,393	0,477	0,477	0,223	0,223
14	0,1363	0,1363	0,403	0,403	0,487	0,487	0,235	0,235
15	0,1259	0,1259	0,393	0,393	0,477	0,477	0,223	0,223
16	0,0964	0,0964	0,363	0,363	0,45	0,45	0,19	0,19
17	0,0522	0,0522	0,315	0,315	0,405	0,405	0,138	0,138
18	0,0024	0,0024	0,252	0,252	0,344	0,344	0,073	0,073
19	0	0	0,175	0,175	0,27	0,27	0,004	0,004
20	0	0	0,09	0,09	0,186	0,186	0	0
21	0	0	0,007	0,007	0,095	0,095	0	0
22	0	0	0	0	0,008	0,008	0	0
23-24	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Итого:</b>	<b>0,69</b>		<b>3,56</b>		<b>4,96</b>		<b>1,50</b>	

## 2.2. Характеристики объекта электроснабжения

В качестве маломерного судна выберем яхту Bavaria Virtess 420 [7].

Таблица 2.2.1 - Технические характеристики:

Длина яхты полная	12,39/13,60 м
Длина корпуса	11,95 м
Ширина яхты	4,21 м
Высота от ватерлинии макс.	4,95 м
Высота полная	5,72 м
Осадка при поднятых винтах	0,77 м
Осадка при опущенных винтах	1,11/1,09 м
Водоизмещение	11400 кг
Объем топливного бака	1200 л
Объем бака для воды	410 л
Максимальное количество людей на борту (CE B)	12
Количество кают не считая салона	3
Количество спальных мест	6
Высота потолка в каюте	1,95 м
Дизельные двигатели (Volvo Penta) Z-Drive 2 x Volvo-Penta D6-400 EVC (400 PS)	400 л.с



а)



б)

Рисунок 2.2.1 – Внешний вид: а) вид сбоку; б) вид сверху



### 2.3. Расчет электрических нагрузок

Задачей, для проектируемой солнечной электростанции, состоит в том, чтобы обеспечить резервное электроснабжение судна.

В таблице 2.3.1 представлены устанавливаемые бытовые электроприборы и их номинальная мощность.

Таблица 2.3.1 - Устанавливаемые бытовые электроприборы

Устанавливаемые электроприборы	Рном, кВт	Примечания
Электрическое освещение	0,2	Светодиодные лампы
Бытовая розеточная сеть	0,5	[1, таблица 2.4 п. 6]
ПК	0,05	Паспортные данные[2]
Чайник	1,5	Паспортные данные[2]
СВЧ-печь	0,8	Паспортные данные[2]
Кофемашина	1,6	Паспортные данные[2]
Бойлер	1,5	Паспортные данные[2]
Кондиционер воздуха тепло-холод 32000 BTU	3	Паспортные данные[2]
Итого:	9,15	

Так как наш объект электроснабжения имеет специфический характер и может использоваться только весной, летом и осенью, то для дальнейшего расчета зимний период учитывать не будем.

В таблицах 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4 представлены сезонные нагрузки электропотребление данного судна.

Таблица 2.3.2 - Потребляемая нагрузка в весенней период

Устанавливаемые электроприборы	Рном, кВт	Число часов использования	Wсут, кВтч
Электрическое освещение	0,2	3	0,6
Бытовая розеточная сеть	0,5	2	1
ПК	0,05	2	0,1
Чайник	1,5	0,25	0,375
СВЧ-печь	0,8	0,25	0,2
Кофемашина	1,6	0,25	0,4
Бойлер	1,5	3	4,5
Кондиционер воздуха тепло-холод 32000 BTU	3	2	6
Итого:	9,15		13,2

Таблица 2.3.3 – Потребляемая нагрузка в летний период

Устанавливаемые электроприборы	Рном, кВт	Число часов использования	Wсут, кВтч
Электрическое освещение	0,2	1	0,2
Бытовая розеточная сеть	0,5	1	0,5
ПК	0,05	1	0,05
Чайник	1,5	0,25	0,375
СВЧ-печь	0,8	0,25	0,2
Кофемашина	1,6	0,25	0,4
Бойлер	1,5	2	3
Кондиционер воздуха тепло-холод 32000 BTU	3	2	6
Итого:	9,15		10,7

Таблица 2.3.4 – Потребляемая нагрузка в осенний период

Устанавливаемые электроприборы	Рном, кВт	Число часов использования	Wсут, кВтч
Электрическое освещение	0,2	4	0,8
Бытовая розеточная сеть	0,5	2	1
ПК	0,05	2	0,1
Чайник	1,5	0,25	0,375
СВЧ-печь	0,8	0,25	0,2
Кофемашина	1,6	0,25	0,4
Бойлер	1,5	2	3
Кондиционер воздуха тепло-холод 32000 BTU	3	3	9
Итого:	9,15		14,9

Для составления баланса электроэнергии в автономной системе электроснабжения с солнечными панелями необходим месячный график электропотребления нашего судна.

В таблице 2.3.5 представлено месячное электропотребление нашего объекта, а также на рисунке 2.3.1 изображен график потребляемой мощности за каждый месяц.

Таблица 2.3.5 – Потребляемая энергия за каждый месяц

Месяц	WкВт*ч
Март	395,53
Апрель	377,12
Май	354,26
Июнь	321,75
Июль	325,88
Август	362,91
Сентябрь	446,24
Октябрь	452,86
Ноябрь	455,21

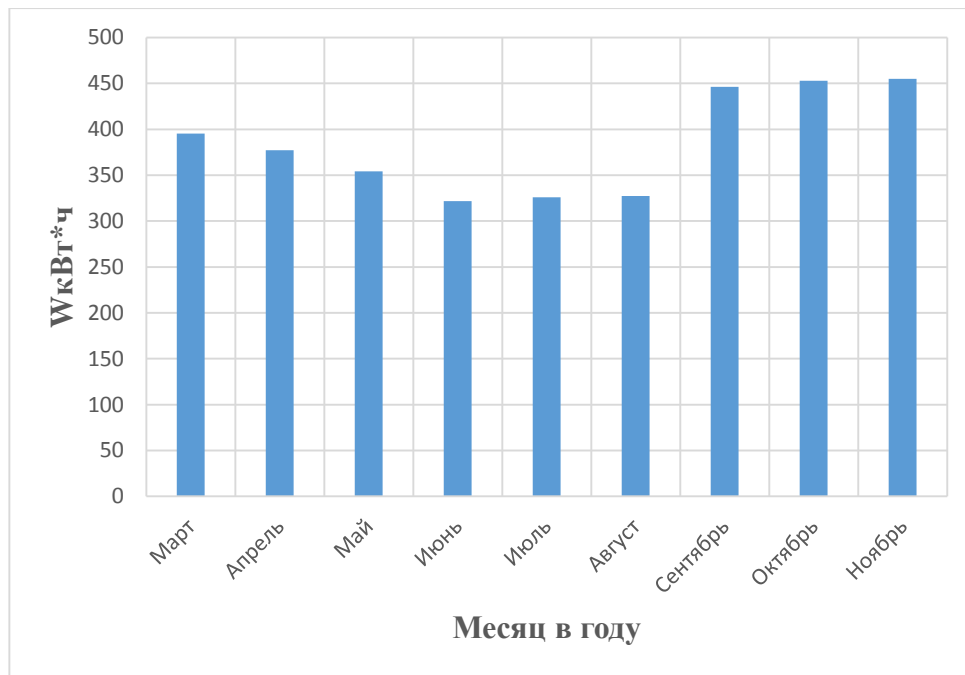


Рисунок 2.3.1 – Потребляемая энергия за каждый месяц

Электропотребление в весенние и осенние месяцы совсем чуть-чуть превышает летнее энергопотребление. Балансы электроэнергии включают энергию генерируемую фотоэлектростанцией и потребленную проектируемым объектом. Соотношения генерируемой и потребляемой электроэнергии существенно различаются по месяцам, следовательно необходим помесечный анализ энергетических балансов.

## **2.4. Выбор оборудования солнечной электростанции**

### **2.4.1. Выбор солнечных модулей**

Из пункта 2.1 был проанализирован потенциал солнечной энергии на территории Новосибирской области. Было установлено что на 1 м<sup>2</sup> в зависимости от времени года падает от 0,69 до 4,96 кВт солнечной энергии.

В качестве солнечных модулей выберем Exmork ФСМ-300М. Технические характеристики солнечного модуля приведены в Приложении Б.

Рассчитаем количество вырабатываемой энергии одним солнечным модулем в течении года по отдельным месяцам, таблица 2.4.2, по полученной таблице построим график вырабатываемой мощности, рисунок 2.4.2.

Модуль мощностью  $P_{\text{СМ}}$  в течении выбранного периода выработает следующее количество энергии:

$$W_{\text{СМ}} = \frac{kP_{\text{СМ}}\lambda}{1000}, \text{кВтч};$$

где,  $\lambda$  - значение инсоляции за выбранный период, кВтч/м<sup>2</sup>;

$k$  – коэффициент, учитывающий поправку на потерю мощности солнечных элементов при нагреве на солнце, а также наклонное падение лучей на поверхность модулей в течении дня,

Пример расчёта для ноября:

$$W_{\text{СМ}} = \frac{0,7 \cdot 300 \cdot 24,22}{1000} = 5,08, \text{кВтч};$$

Таблица 2.4.2 - количество вырабатываемой мощности одним солнечным модулем ФСМ-300М

Месяц	Солнечная радиация (кВт·ч/м <sup>2</sup> ) (месяц)	Потр. Э.Э. мал.судна $W_{\text{треб}}$ (кВт·ч)	Э.Э солнечного модуля (1) $W_{\text{мод}}$ (кВт·ч)	Э.Э солнечных модулей (16) $W_{\text{мод}}$ (кВт·ч)	Баланс Э.Э - $W_{\text{Б}}$ (кВт·ч)
Март	97,90	395,53	20,56	328,94	-66,59
Апрель	125,80	377,12	26,42	422,69	45,57
Май	159,90	354,26	33,58	537,26	183,00
Июнь	177,70	321,75	37,32	597,07	275,32
Июль	172,40	325,88	36,20	579,26	253,38
Август	135,20	327,54	28,39	454,27	126,73
Сентябрь	89,98	446,24	18,90	302,33	-143,91
Октябрь	44,76	452,86	9,40	150,39	-302,47
Ноябрь	24,22	455,21	5,09	81,38	-373,83
<b>Итого:</b>	1027,86	3456,39	215,85	3453,61	884,01/- 886,79

Из таблицы 2.4.2 видно, что для покрытия мощности нагрузки необходимо 16 солнечных модулей, по предварительным расчётам это 320000 рублей. Составим график вырабатываемой мощности одной солнечной панели рисунок 2.4.2 и график баланса мощностей при использовании всех солнечных модулей, рисунок 2.4.3.

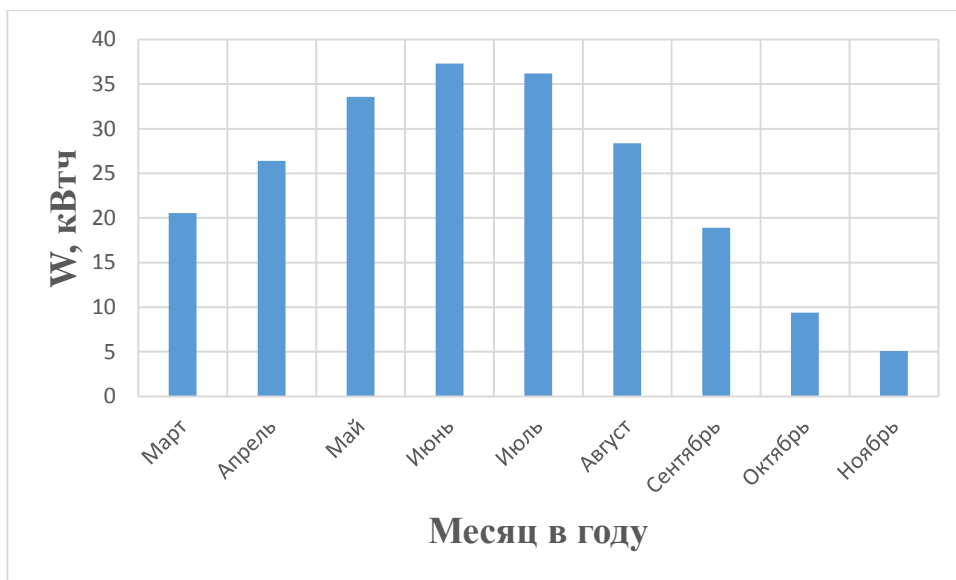


Рисунок 2.4.2 – График вырабатываемой мощности одного солнечного модуля

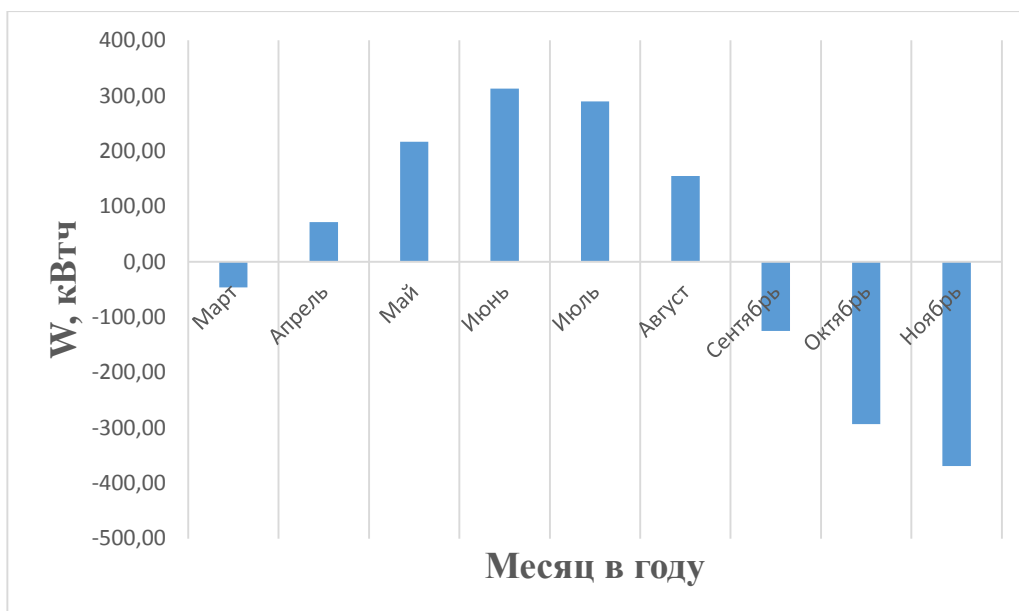


Рисунок 2.4.3 – Годовой баланс мощностей при использовании солнечных модулей

Вывод: по приведённому графику энергетического баланса можно сделать вывод что работы 16 солнечных панелей достаточно для работы основного потребителя. Наиболее благоприятными месяцами, для использования солнечных модулей являются месяца с апреля по август включительно, так как они характеризуются наивысшими значениями суммарной солнечной радиации. С сентября по ноябрь, использование нашего судна нецелесообразно, т.к. уже наблюдается отрицательная температура.

### 2.4.2. Выбор аккумуляторных батарей и инвертора

Произведем расчет необходимой емкости накопителей для покрытия суточной потребности в электроэнергии. Напряжение батарей аккумуляторов принято равным  $U_{\text{АКБ}} = 12 \text{ В}$ , глубина разряда, с целью продления срока службы аккумуляторов, принята равной 30%. Тогда, требуемая емкость накопителей ( $E_{\text{треб}}$ ):

$$E_{\text{треб}} = \frac{W_{\text{сут}}}{U_{\text{АКБ}} * k} = \frac{13000}{12 * 0.7} = 1547,61 \text{ А} * \text{ч}.$$

Зная требуемую емкость и емкость одного аккумулятора, можно найти необходимое количество накопителей:

$$N = \frac{E}{E_{\text{ячейки}}} = \frac{1547,61}{200} = 7,73$$

Согласно с расчетом выбираем аккумулятор Delta Battery GX 12-200 [14].

Технические характеристики аккумулятора приведены в Приложении В.

С запасом к установке 8 АКБ (4 АКБ для первого инвертора и 4 АКБ для второго инвертора, соединенных последовательно). Емкость выбранного числа АКБ составит  $E=1600 \text{ А} * \text{ч}$ ,  $U=48 \text{ В}$ .

Ссылаясь на выбранную схему построения системы электроснабжения, необходимо произвести выбор оборудования для этой системы, в частности, подобрать инвертор.

Выбранный инвертор должен обеспечить необходимую выходную мощность, форму вырабатываемого тока, частоту, обеспечивать параллельную работу генераторов электрической энергии на нагрузку и на заряд аккумуляторов. Также он должен иметь входы постоянного тока, контроллеры заряда-разряда аккумуляторных батарей, выпрямитель. Все оборудование внутри шкафа должно быть согласовано между собой. Суммарная потребляемая мощность в течение дня составляет 9,15 кВт. После анализа рынка, как наиболее



оптимальный вариант, было выбрано 2 инвертора фирмы SCHNEIDER ELECTRIC CONEXT XW6048 с суммарной мощностью 12 кВт.

Технические характеристики инвертора SCHNEIDER ELECTRIC CONEXT XW6048 приведены в Приложении Г.

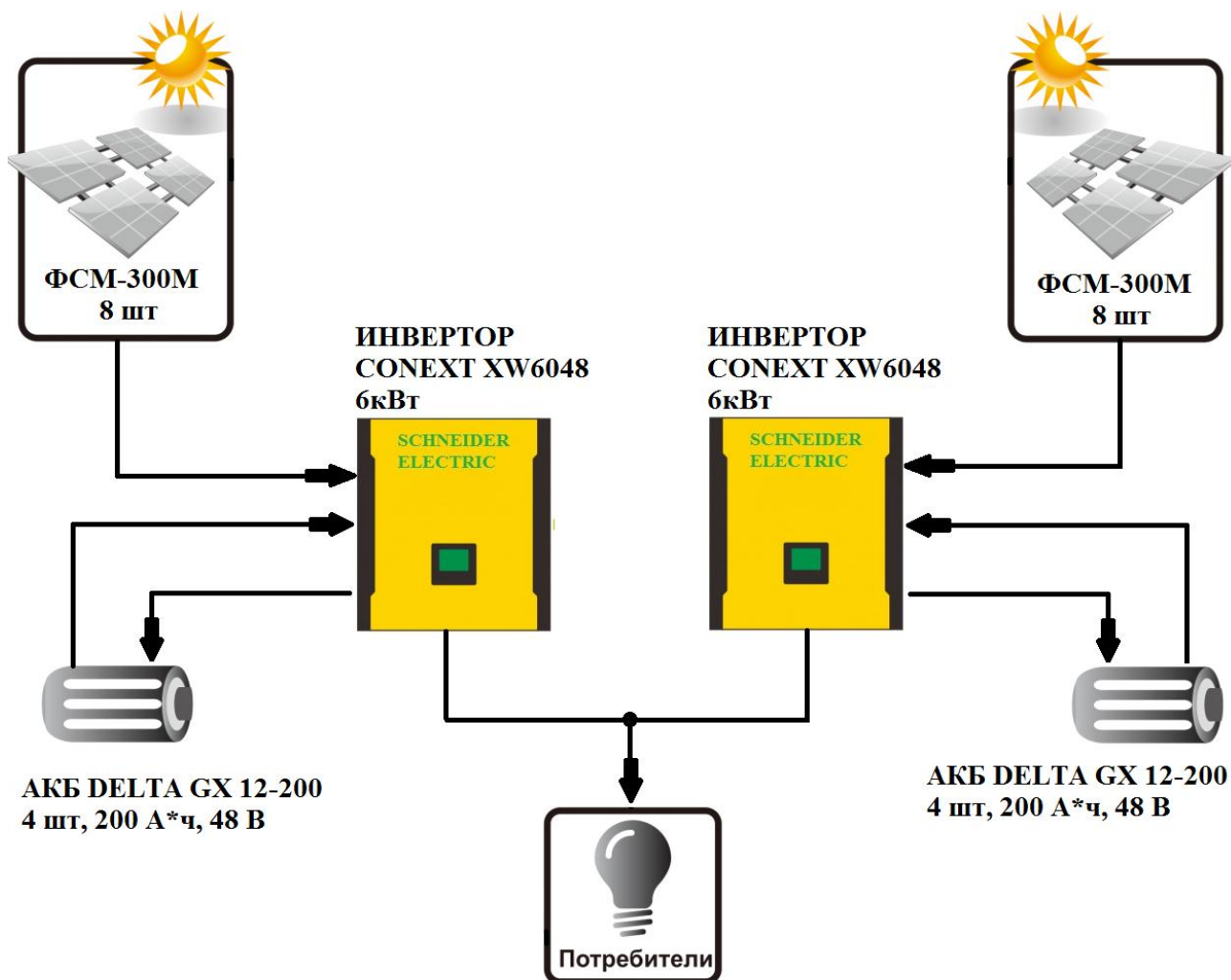


Рисунок 2.4.2 – Структурная схема солнечной электростанции

Солнечная установка подключается к аккумуляторным батареям через инверторы-контроллеры заряда-разряда, которые выполняет функцию регулирования и индикации процессов заряда и разряда, предотвращая перезаряд и глубокий разряд. Так как выходная энергия фотоэлектрических модулей выдается на постоянном токе, для приведения ее к стандартным параметрам в составе системы установлен инвертор, который преобразует

энергию в переменный ток и потребитель получает полноценное напряжение 220 В и частоту 50 Гц.

В таблице 2.4.2 представлено количество требуемого оборудования и его стоимость.

Таблица 2.4.2 - Оборудование для солнечной электростанции

№	Оборудование	Кол-во, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
1	Солнечный модуль Exmork ФСМ-300М	16	18567	297072
2	Инвертор SE CONEXT XW6048	2	205000	410000
3	Гелевые аккумуляторные батареи Delta GX 12-200	8	29300	234400
Итого:				941472

Вывод: в разработку примется два инвертора-контроллера заряда-разряда SCHNEIDER ELECTRIC CONEXT XW6048 [13]. Соответственно, для работы всей солнечной электростанции, мы на каждый инвертор распределим равное количество солнечных модулей Exmork ФСМ-300М и АКБ Delta Battery GX 12-200. Для синхронизации инверторов, используются встроенные модули обратной связи. Поэтому проблем связанных с зарядом-разрядом отдельно взятых аккумуляторных батарей нет, т.е. получается синхронная работа всей системы.

### 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ РАСЧЕТ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ MATLAB/Simulink

Построим имитационную модель солнечного модуля, состоящего из 17 элементов. Структура модели солнечного модуля приведена на рисунке 3.1. Параметрами, которые изменяются в процессе моделирования, являются: температура окружающей среды « $T_c$ »; солнечная радиация « $L_{sun}$ »; напряжение на клеммах солнечного модуля « $V$ »; выходной ток солнечного модуля « $I$ »; электрическая отдаваемая мощность « $P$ ». Параметрами, которые зависят от типа солнечного модуля и в процессе работы не изменяются, являются: напряжение холостого хода « $V_{oc}$ »; ток короткого замыкания « $I_{sc}$ »; количество соединенных СЭ последовательно « $N_s$ » и параллельно « $N_p$ ». Кроме того константами в процессе моделирования являются: заряд электрона « $q$ »; постоянная Больцмана « $k$ »; абсолютная температура  $0^\circ\text{C}$  « $T_o$ »; базовая температура « $T_{rf}$ »; технологический фактор « $A$ »; пороговое напряжение « $E_g$ ».

Структура подсистемы солнечного модуля, работающего на активную нагрузку  $R_n$ , приведена на рисунке 3.2.

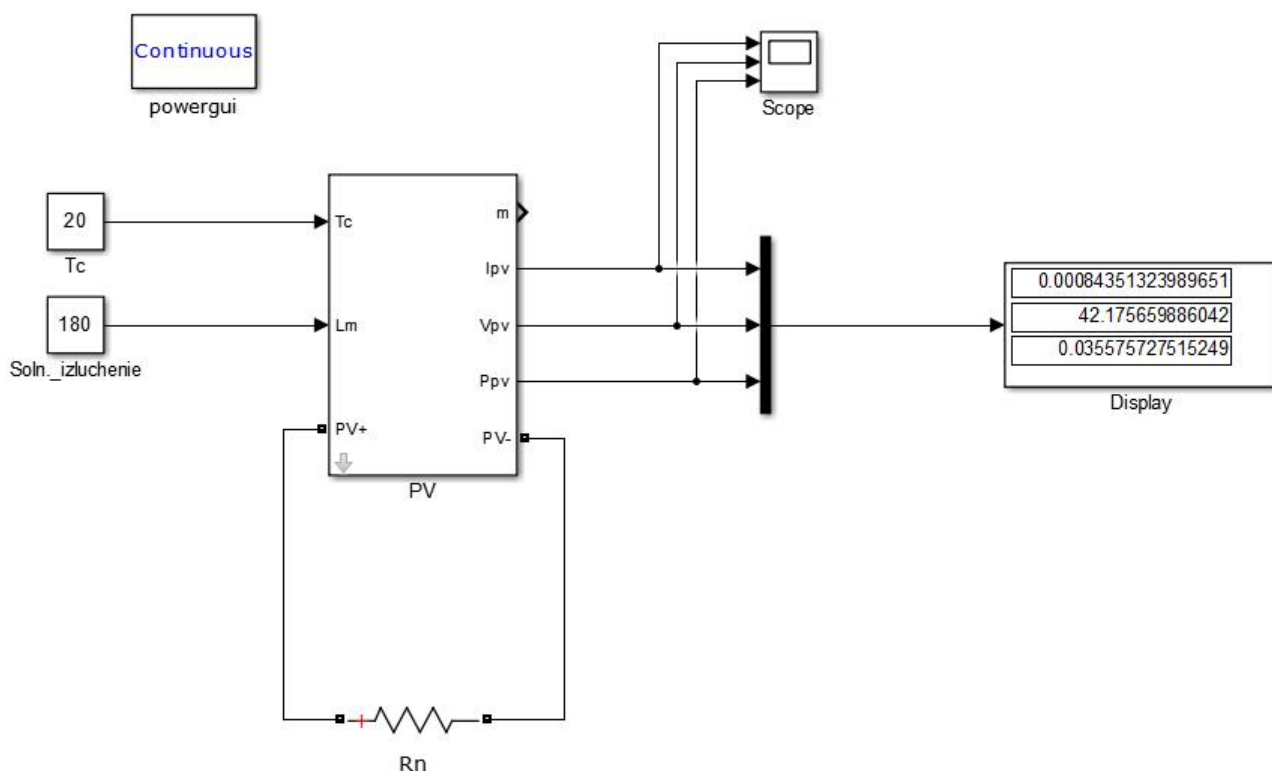


Рисунок 3.1 - Структура модели солнечного модуля

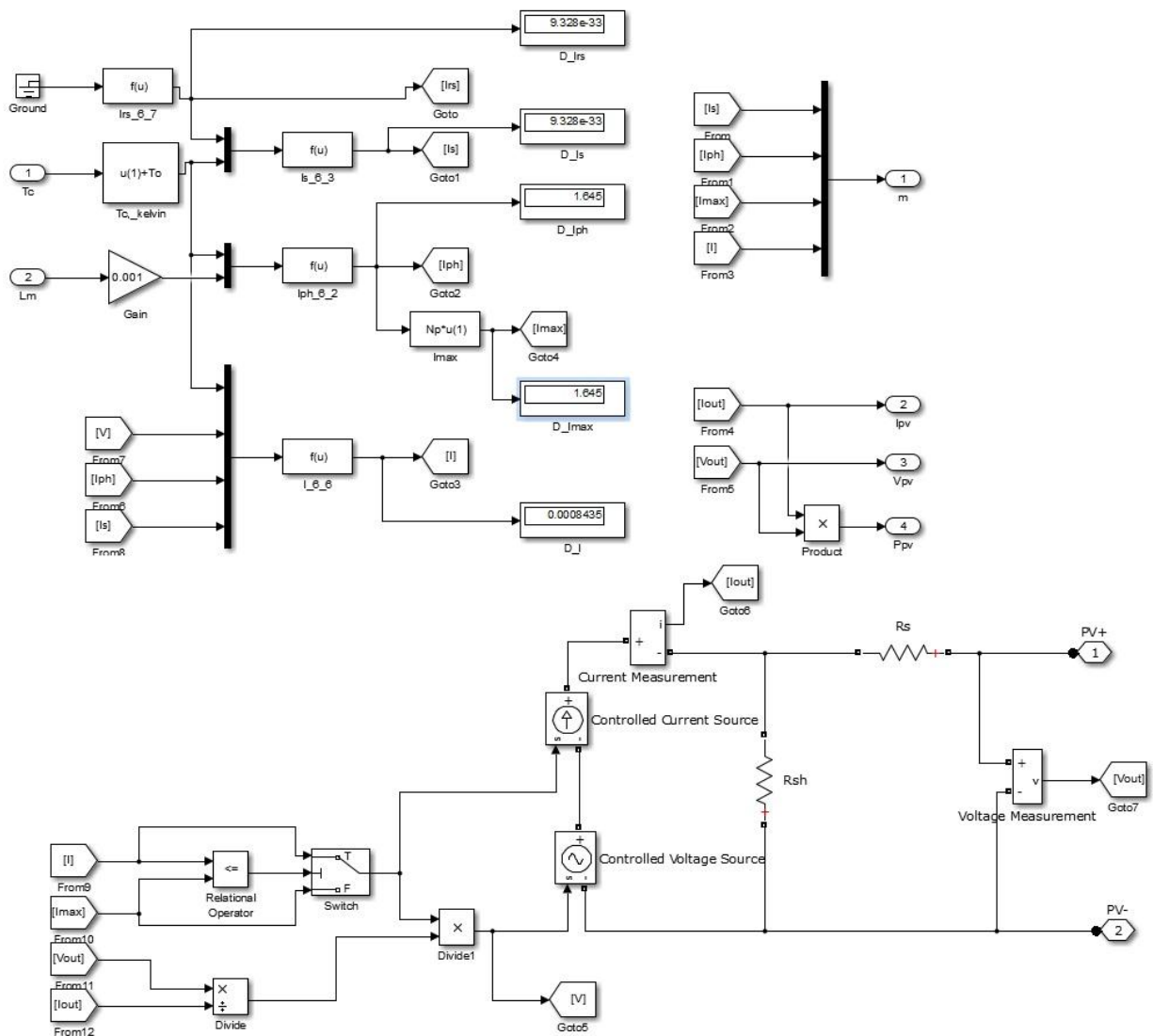


Рисунок 3.2 - Структура подсистемы солнечного модуля, работающего на активную нагрузку  $R_n$

Для облегчения процесса ввода достаточно громоздких формул зададим параметры солнечного модуля и константные значения в символьном виде. Для этого создадим диалоговое окно ввода параметров (рисунок 3.3). В окне редактора подсистемы «PV» зададим параметры модели (закладка Parameters), которые будут вводиться посредством диалогового окна (рисунок 3.4).

В закладке Initialization (рисунок 5) зададим константы, используемые при построении модели.

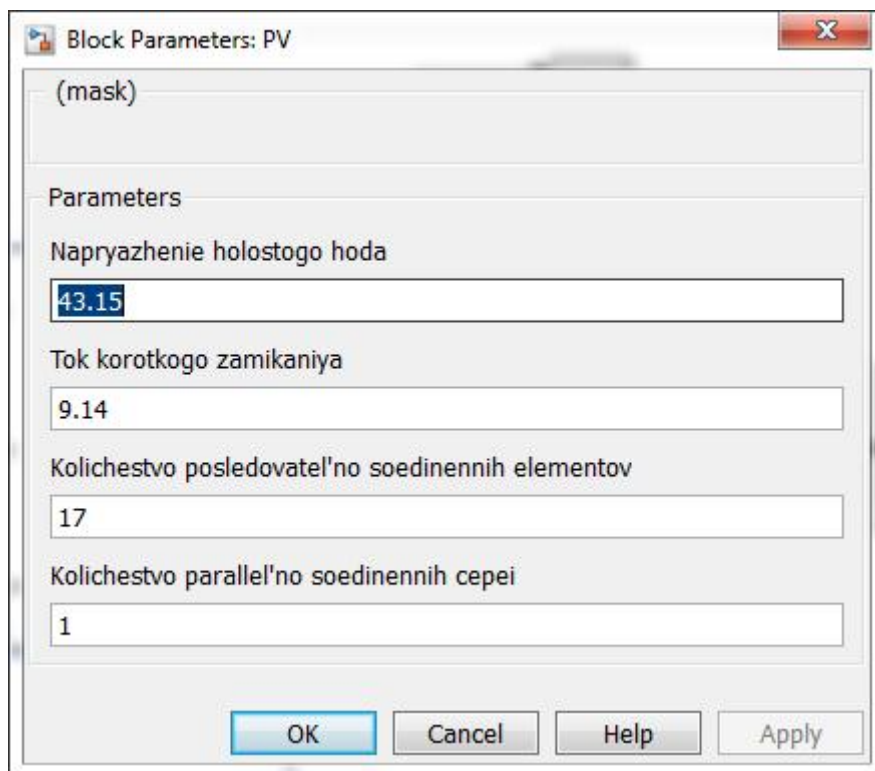


Рисунок 3.3 - Диалоговое окно ввода параметров подсистемы «PV»

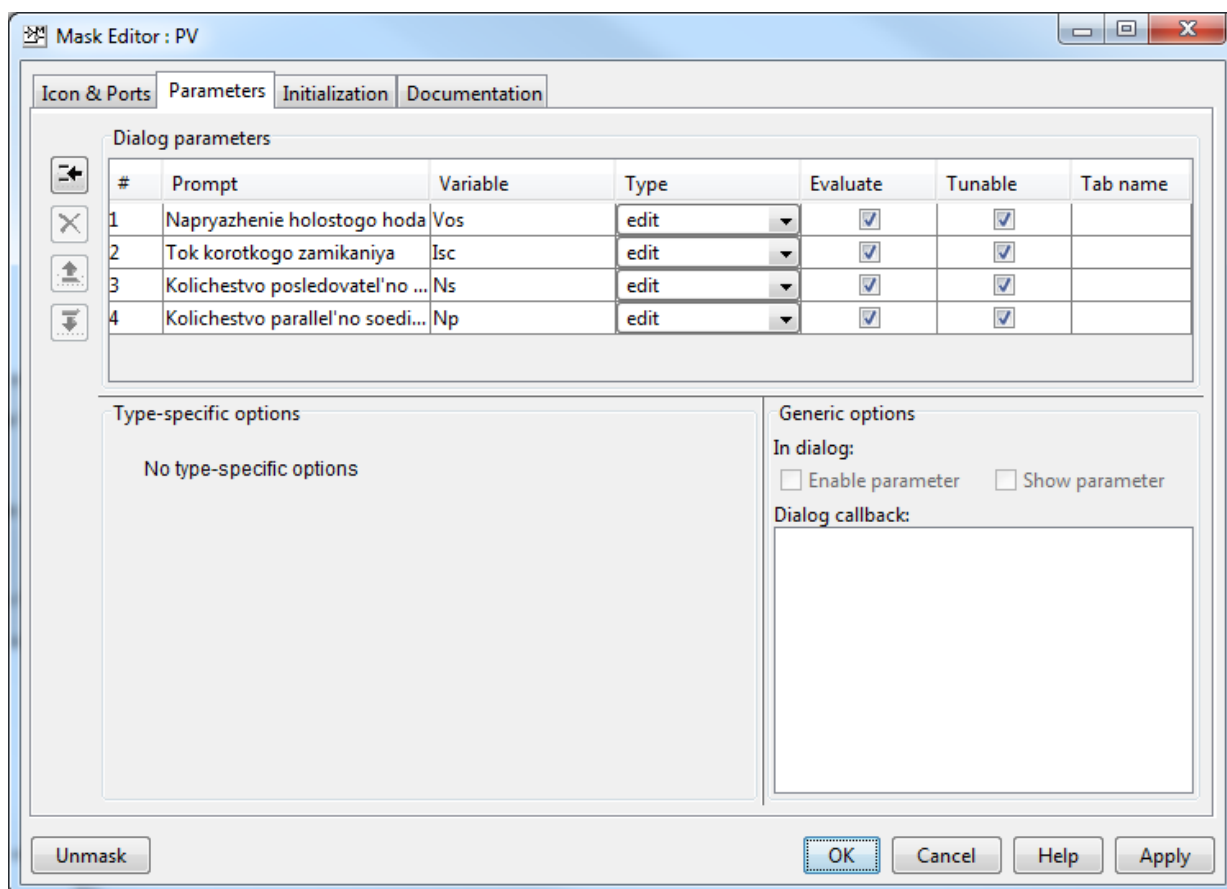


Рисунок 3.4 – Окно редактора параметров модели (закладка Parameters)

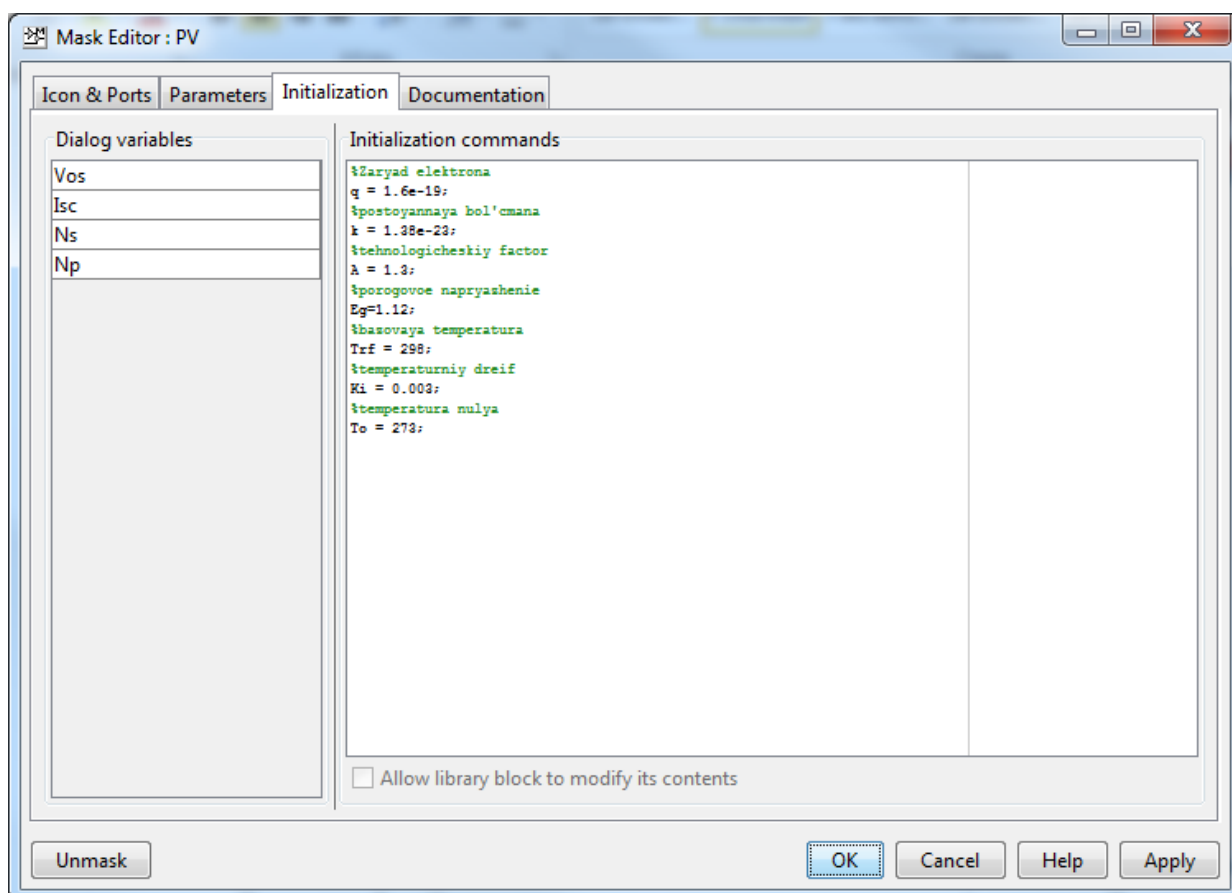


Рисунок 3.5 – Окно редактора параметров модели (закладка Parameters)

Зададим постоянный уровень солнечной радиации  $50 \text{ Вт/м}^2$ . Изменяя значения сопротивления нагрузки на клеммах солнечного модуля в диапазоне  $0,05 \dots 100000 \text{ Ом}$ , снимем ВАХ  $V(I)$  и энергетическую характеристику  $P(I)$  модуля. Данные занесем в таблицу 3.1. Повторим эти действия для уровней солнечной радиации  $100, 180 \text{ Вт/м}^2$ . Графическое изображение ВАХ и энергетической характеристики приведено на рисунке 3.6 и 3.7 соответственно.

Таблица 3.1 - Результаты измерения основных параметров солнечного модуля

50 Вт/м2									
R, Ом	0,05	0,1	1	2	3	5	10	100	100000
I, A	0,457	0,457	0,457	0,457	0,457	0,457	0,457	0,402	0,0008
U, B	0,0228	0,0456	0,456	0,913	1,37	2,284	4,569	40,237	41,447
P, Вт	0,0104	0,0208	0,208	0,417	0,626	1,044	2,088	16,206	0,0343
100 Вт/м2									
R, Ом	0,05	0,1	1	2	3	5	10	100	100000
I, A	0,914	0,914	0,914	0,914	0,914	0,914	0,914	0,415	0,0008

Продолжение таблицы 3.1

U, В	0,0456	0,0913	0,913	1,827	2,741	4,569	9,139	41,497	41,841
P, Вт	0,0417	0,0835	0,835	1,67	2,506	4,176	8,353	17,237	0,035
180 Вт/м <sup>2</sup>									
R, Ом	0,05	0,1	1	2	3	5	10	100	100000
I, А	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	1,645	0,42	0,0008
U, В	0,0822	0,1645	1,645	3,29	4,935	8,225	16,45	42,008	42,175
P, Вт	0,1353	0,27	2,706	5,413	8,119	13,532	27,06	17,664	0,0355

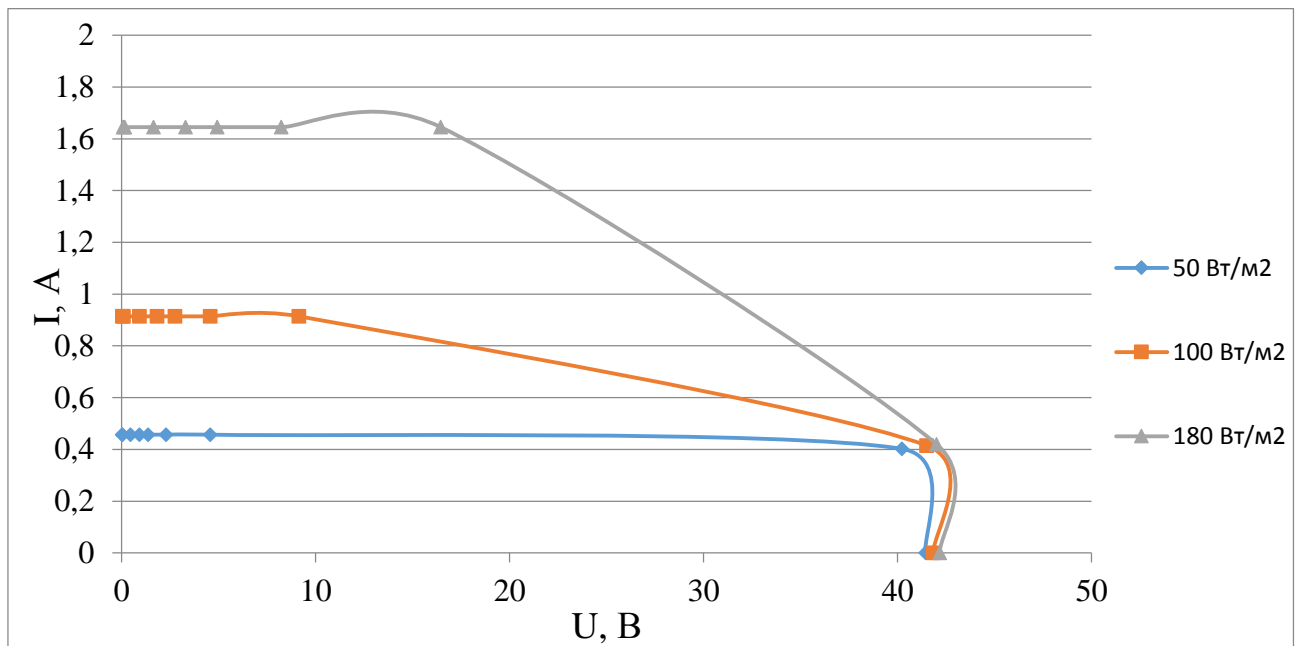


Рисунок 3.6 - Вольт-амперные характеристики солнечного модуля при фиксированных значениях солнечной радиации

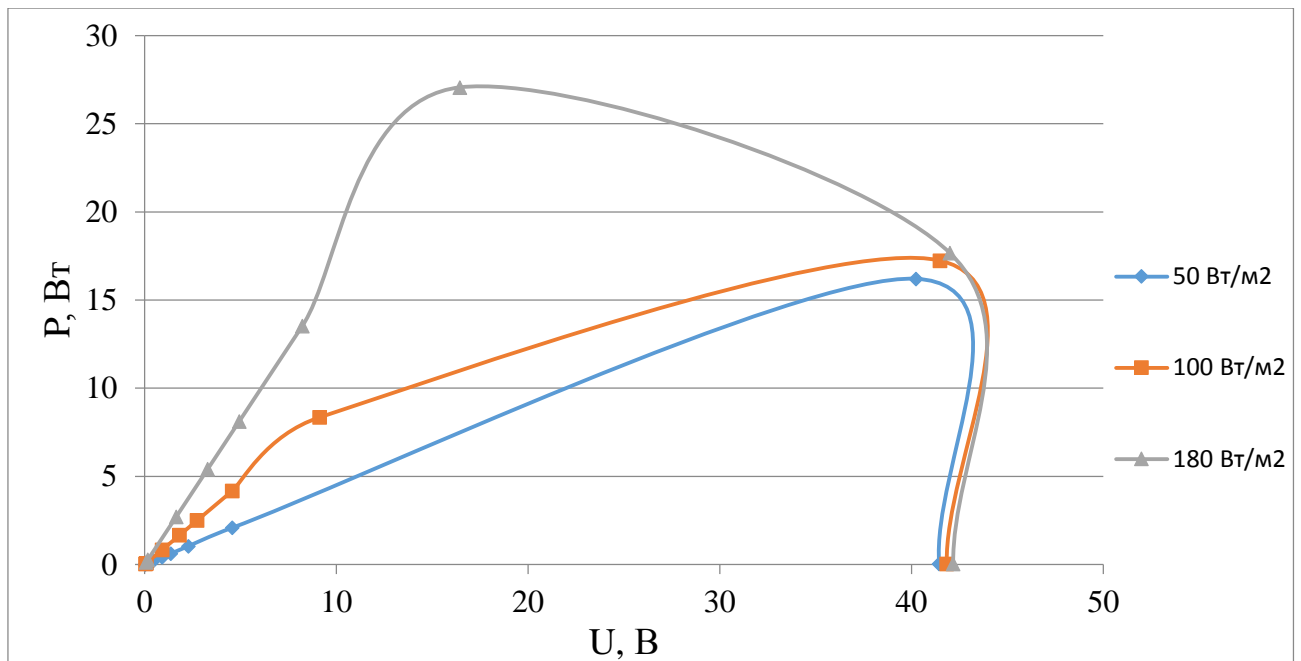


Рисунок 3.7 - Энергетические характеристики солнечного модуля при фиксированных значениях солнечной радиации

Поставим на вход  $L_m$  солнечного модуля блок Signal Builder с тремя уровнями сигналами нашей солнечной инсоляции  $180 \text{ Вт/м}^2$ ,  $100 \text{ Вт/м}^2$  и  $50 \text{ Вт/м}^2$  для проверки нашей модели при постоянном сопротивлении  $R_n$ .

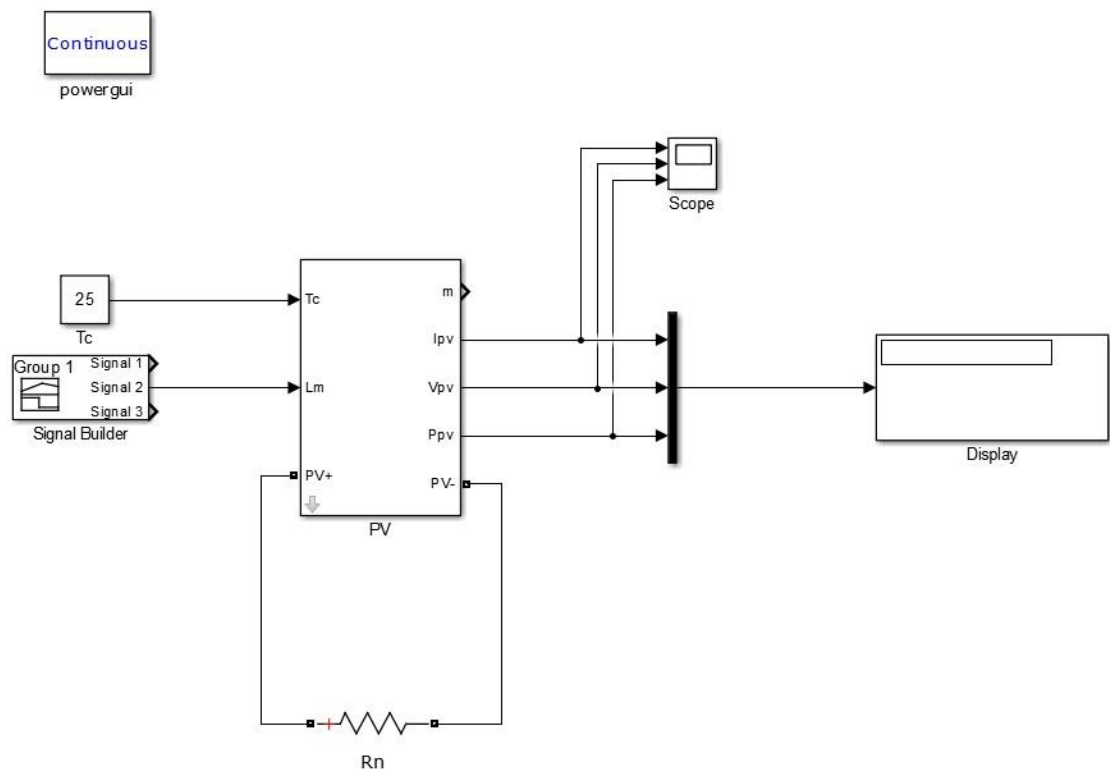


Рисунок 3.8 – Структура солнечного модуля с блоком Signal Builder



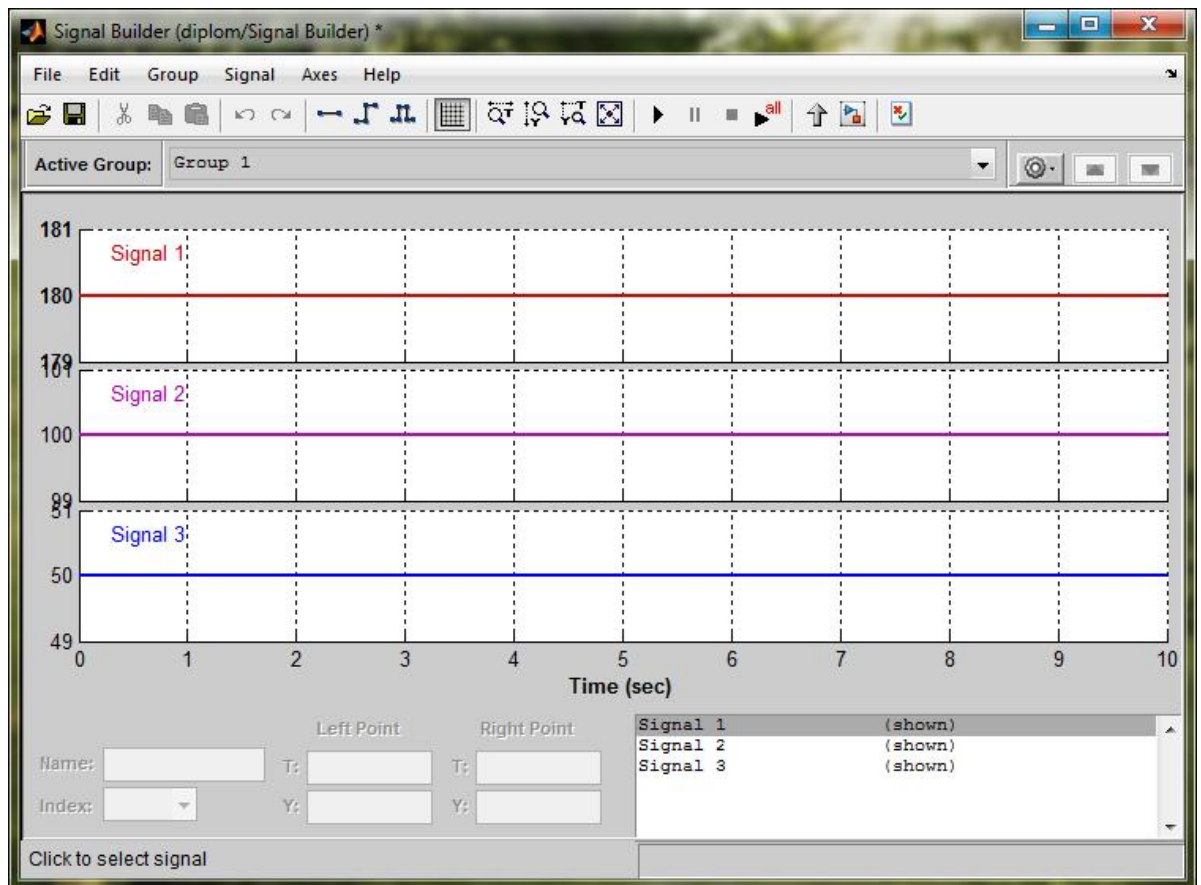


Рисунок 3.9 – Блок Signal Builder с 3-мя уровнями сигнала

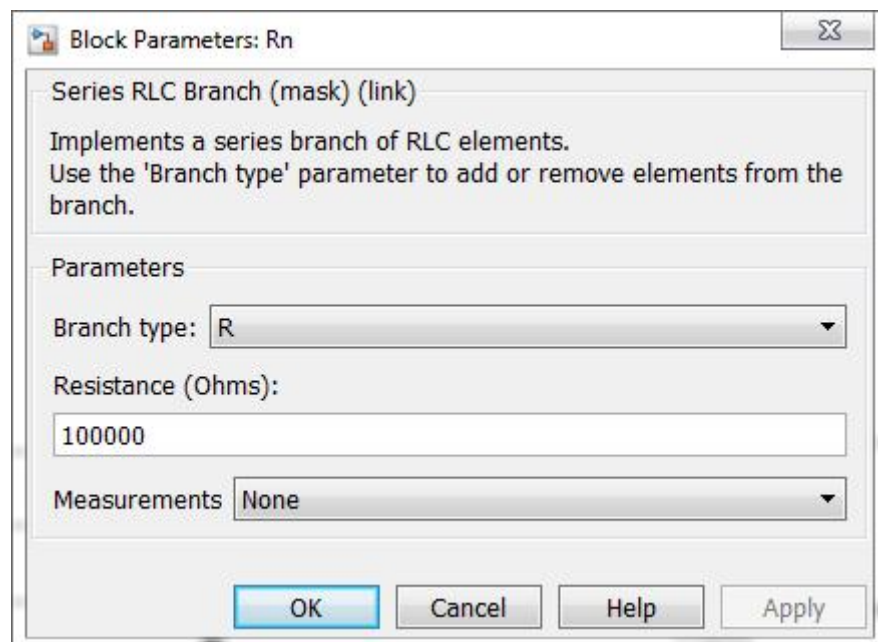


Рисунок 3.10 – Блок  $R_n=100000 \text{ Ом} - \text{const}$

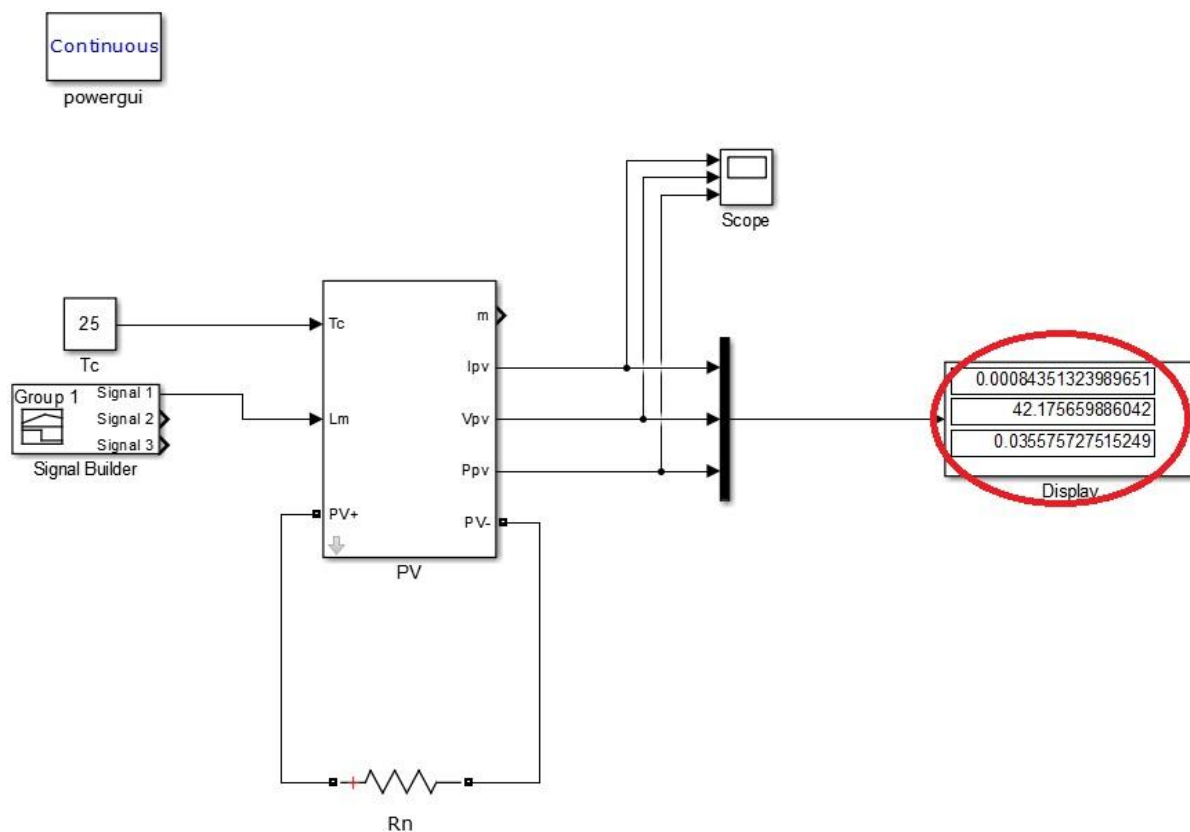


Рисунок 3.11 – Signal 1 с солнечной инсоляцией 180 Вт/м<sup>2</sup>

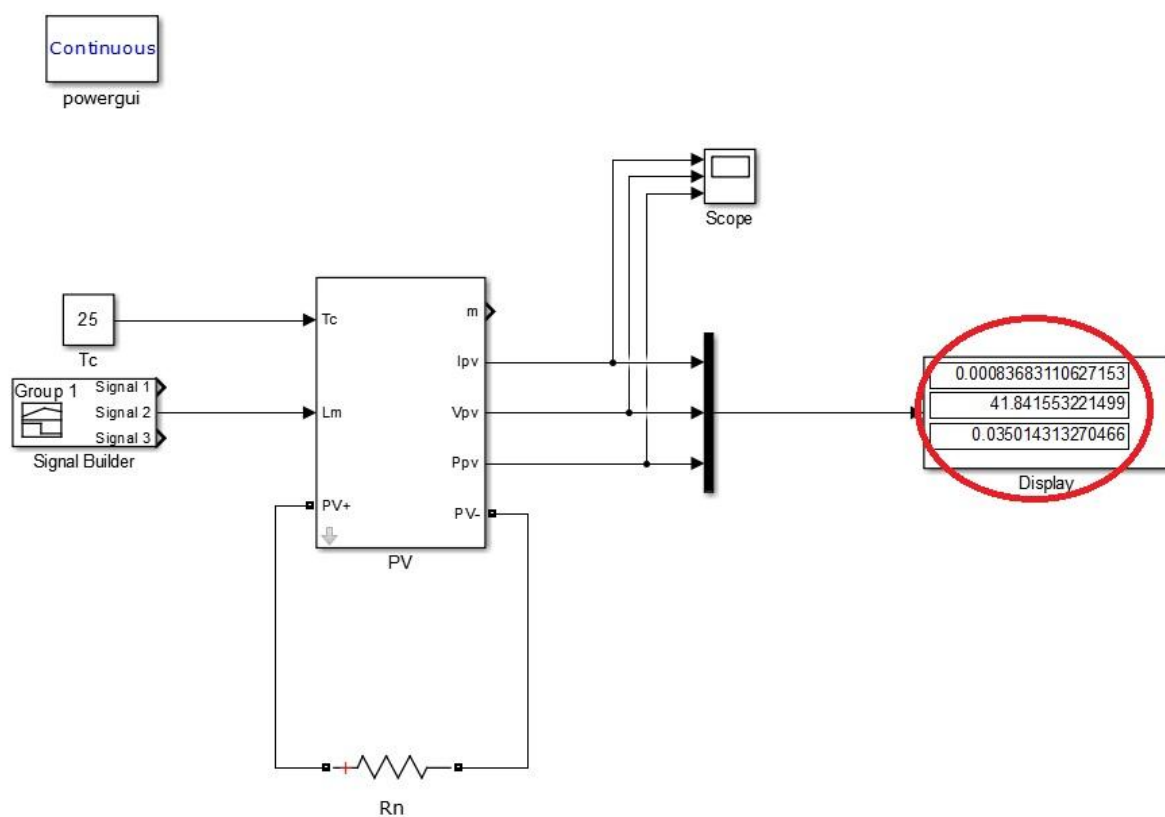


Рисунок 3.12 - Signal 2 с солнечной инсоляцией 100 Вт/м<sup>2</sup>

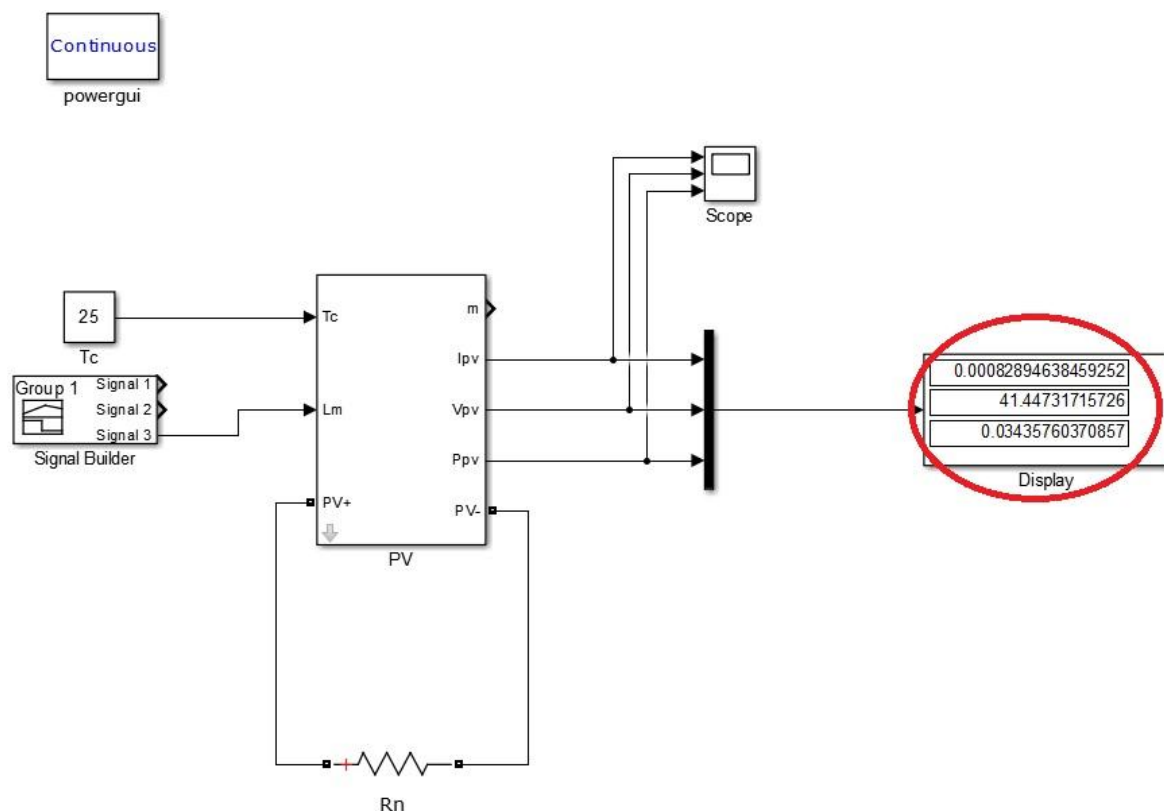


Рисунок 3.13 - Signal 3 с солнечной инсоляцией 50 Вт/м<sup>2</sup>

В процессе моделирования солнечного модуля была проверена его работа при различных параметрах нагрузки и солнечного излучения. По полученным значениям были построены вольтамперная и энергетическая характеристика модуля. По полученным характеристикам видно, что с увеличением мощности солнечного излучения увеличивается мощность вырабатываемая солнечным модулем.

Выявлено соответствие характеристик солнечного модуля, предоставленных производителем и характеристик солнечного модуля при моделировании в среде Matlab/Simulink. Расхождение результатов моделирования с паспортными характеристиками не превышает допустимых значений. Тем самым подтверждается адекватность предлагаемой имитационной модели.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM4E	Бельков Станислав Андреевич

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭПП
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Оптимизация развивающихся систем электроснабжения

### Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, финансовых, информационных и человеческих ресурсов.	При проведении исследования используется база лабораторий ЭНИН ТПУ; в исследовании задействованы 2 человека: студент-исполнитель и научный руководитель.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	НР 34-70-32-83, РД 34.10.301, РД 34.10.102-91, ГОСТ Р 51387-99, МУ 34-00-094-85, ГОСТ Р 53905-2010
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений	Отчисления в социальные фонды - 30 % от ФОТ.

### Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Описание потенциального потребителя, SWOT анализ
2. Планирование этапов и выполнения работ по НИР (определение состава работы, определение действующих лиц, установление длительности и трудоемкости работы)	Планирование научно-исследовательских работ, определение действующих лиц, длительности и трудоемкости работ.
3. Расчет бюджета для научно-технического исследования	Определение материальных затрат НИИ, затрат на специальное оборудование, расчет основной заработной платы и накладных расходов
4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Оценка целесообразности и эффективности научного исследования. Анализ и оценка научно-технического уровня исследования. Оценка рисков.

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Диаграмма Ганта
--------------------

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры менеджмента ТПУ	Грахова Е.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM4E	Бельков С.А.		

#### **4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

##### **4.1. Цели проекта**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

Темой научно-технического исследования является обоснование и исследование автономной системы электроснабжения маломерного судна. Проведение исследования предполагает использование специализированного программно-технического комплекса (ВМК РВ ЭЭС) и основано на построении математической модели рассматриваемого объекта.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-технического исследования, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации [1].

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

- оценить коммерческий потенциал и перспективность проведения научного исследования;
- осуществить планирование этапов выполнения исследования;
- рассчитать бюджет проводимого научно-технического исследования;
- произвести оценку социальной и экономической эффективности исследования.

## **4.2. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

### **Потенциальные потребители результатов исследования**

Современные электроэнергетические системы (ЭЭС), если рассматривать как объект изучения очень сложен как по количеству элементов, так и по количеству представленных в них зависимостей, поэтому при изучении явлений значимую ценность представляет проведение натурных физических экспериментов с реальным оборудованием. Вместе с тем огромная энергоемкость и значительные затраты на проведение таких экспериментов позволяют проводить исследования достаточно редко. В связи с этим возможным способом проведения исследований ЭЭС рассматривают применение различных методов и способов, изучаемых теорией подобия и моделирования. В настоящее время наиболее быстро и доступно ответы на возникшие вопросы могут быть найдены путем решения задач математического моделирования. Математическое моделирование, это способ исследования реальных событий, процессов, систем, который основывается на изучении их математических моделей с помощью цифровых машин.

Сложность исследования заключается в правильном выборе математической модели солнечного модуля. Так как упрощение математических моделей приведет к недостоверному воспроизведению процессов, которые происходят в ЭЭС. Каждый элемент математической модели описывается передаточной функцией, в свою очередь передаточную функцию можно записать в виде дифференциального уравнения, а решение дифференциального уравнения сводится к решению интеграла. Решение сопровождается неизвестными методическими ошибками, отсюда следует потеря достоверности результатов моделирования, которые подтверждаются результатами верификации, произведенными в США, России. Результаты верификации не удовлетворили результаты моделирования, в результате анализа причин значительное влияние оказало недостаточно детальное составление

математических моделей, недостоверное получение подробной информации об электрическом режиме энергосистемы (сбор информации о параметрах силового оборудования, систем регулирования, которые функционировали в данном режиме).

В рамках настоящего научного исследования предлагается разработанный на базе НИЛ «Моделирование ЭЭС» ЭНИН ТПУ Всережимный моделирующий комплекс электроэнергетических систем, представляющий собой специализированную микропроцессорную программно-техническую систему реального времени гибридного типа, на котором осуществляется моделирование необходимых для анализа режимов и процессов. Данное программное обеспечение обеспечивает необходимую достоверность результатов, высокую скорость выполнения работы, наглядность, а также доступный пользовательский интерфейс. Программа позволяет воспроизвести процессы, происходящие в реальных электроустановках при их эксплуатации, основываясь на построении адекватных математических моделей, что впоследствии является основой для принятия правильного технического решения и позволяет свести к минимуму экономические издержки того или иного производства.

Основными потребителями подобных исследований могут быть:

- крупные нефтехимические производства;
- объединенные диспетчерские управления;
- легкая и тяжелая промышленность;
- электростанции различного типа,

а также другие виды производств, связанные с эксплуатацией мощных потребителей электрической энергии, влияющих на процесс производства.

#### **4.3. SWOT-анализ**

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Для проведения комплексного анализа проводимого исследования выделим несколько этапов:

1. Описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта.

Таблица 4.1 - Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Принципиально новая методика проведения исследования</li> <li>2. Универсальность применения разрабатываемых математических моделей</li> <li>3. Наличие опытного научного-руководителя</li> <li>4. Актуальность проводимого исследования</li> <li>5. Обширная сфера применения</li> </ol>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Требуется уникального оборудования</li> <li>2. Возможность появления новых методов</li> <li>3. Отсутствие повсеместного внедрения новой методики</li> <li>4. Требуется тщательного сбора исходных данных</li> <li>5. Многостадийность методики</li> </ol>
<p><b>Возможности:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Возможность создания партнерских отношений с рядом исследовательских институтов</li> <li>2. Большой потенциал применения метода математического моделирования динамических процессов</li> </ol>	<p>Актуальность разработки, опытный руководитель и принципиально новая методика дает возможность сотрудничать с рядом ведущих исследовательских институтов;</p> <p>Большой потенциал применения методики, а также возможность выхода на внешний рынок обуславливаются принципиально новой методикой;</p> <p>Рост потребности в обеспечении безопасности технологического-производственного</p>	<p>Возможность наличия партнерских отношений с исследовательскими институтами для взаимного использования уникального оборудования;</p> <p>Отсутствие повсеместного внедрения новой методики обеспечивает большой потенциал применения метода математического моделирования динамических процессов</p>



<p>3. Большая стоимость конкурентных разработок и сложность их использования</p> <p>4. Возможность выхода на внешний рынок</p> <p>5. Рост потребности в обеспечении безопасности технологического процесса и сокращения экономических издержек</p>	<p>процесса и сокращения экономических издержек возможен за счет принципиально новой методики;</p> <p>За счет новизны и принципиальных отличий возможен выход на большие объемы применения данной методики.</p>	
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>1. Отсутствие спроса на новые программные продукты в исследуемой сфере</p> <p>2. Развитая конкуренция в сфере математического моделирования технологических процессов крупных производств</p> <p>3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования</p> <p>4. Захват внутреннего рынка иностранными компаниями</p> <p>5. Малые скорости внедрения разрабатываемого ПО</p>	<p>Универсальность применения разрабатываемых математических моделей и обширная сфера применения программного комплекса минимизируют влияния развитой конкуренции в обозначенной сфере</p> <p>Актуальность проводимого исследования и наличие опытного научного руководителя в сочетании с принципиально новой методикой проведения работ обеспечивают стремительный выход на внутренний рынок</p>	

2. Выявление соответствия сильных и слабых сторон научно – исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Таблица 4.2 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	+
	B2	0	0	+	+	0
	B3	+	-	-	-	-
	B4	+	+	0	+	+
	B5	+	0	-	+	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильных сторон и возможности: B1C1C2C3C4C5, B2C3C4, B3C1, B5C1C4.

Таблица 4.3 - Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	+	-	-	0	0
	B2	0	0	+	-	-
	B3	-	0	0	-	-
	B4	-	0	-	-	-
	B5	0	-	-	-	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие слабых сторон и возможности: B1Сл1, B2Сл3.

Таблица 4.4 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	0	0	-	-
	У2	0	+	0	0	+
	У3	0	0	0	0	0
	У4	+	0	+	+	+
	У5	-	-	0	0	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие сильные сторон и угроз: У2С2С5, У4С1С3С4С5.

Таблица 4.5 - Интерактивная матрица проекта

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	0	-	0	-
	У2	-	-	0	-	-
	У3	-	0	0	0	0
	У4	0	-	-	-	-
	У5	-	-	0	0	0

Коррелирующие слабые стороны и угрозы не выявлены.

**Вывод:** заявленная методика имеет большой потенциал, широкий круг потенциальных потребителей, а также возможность быстрого выхода на внешний рынок.

#### **4.4. Планирование этапов и выполнения работ проводимого научного исследования**

##### **Структура работ в рамках научного исследования**

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования и произведено распределение исполнителей по видам работ. Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 6.

Таблица 4.6 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание исследовательской части работ	Содержание технической части работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Получение технического задания от предприятия-заказчика и его согласование.	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Сбор необходимых данных, технических параметров оборудования, изучения технологического процесса.	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Выбор способа проведения технической стороны исследования и его обоснование; составление математических моделей.	Руководитель, инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Составление графика выполнения работ на всех этапах.	Научный руководитель
Теоретические исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Проведение теоретических расчетов, а затем необходимых экспериментов для их подтверждения.	Инженер
Обобщение и оценка результатов	6	Оценка эффективности полученных результатов	Анализ результатов проведенного научно-технического исследования, выдача рекомендаций относительно решаемой задачи.	Инженер совместно с научным руководителем
Оформление отчета по НИР	7	Составление пояснительной записки	Составление отчета о проделанной работе, с указанием проблематики проводимого исследования, результатов и принятых технических решений.	Инженер
	8	Публикация полученных результатов	Передача результатов исследования заказчику и их внедрение в процесс производства.	Научный руководитель

#### 4.5. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (1)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (2)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

В таблице 4.7 приведены ожидаемая трудоемкость и время выполнения работ.

### **Разработка графика проведения научного исследования**

Наиболее удобным и наглядным в данном случае является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (3)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = \frac{365}{247} = 1,48, \quad (4)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году (пятидневная рабочая неделя);

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе  $T_{ki}$  необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 4.7.

Таблица 4.7 - Временные показатели проведения научного исследования

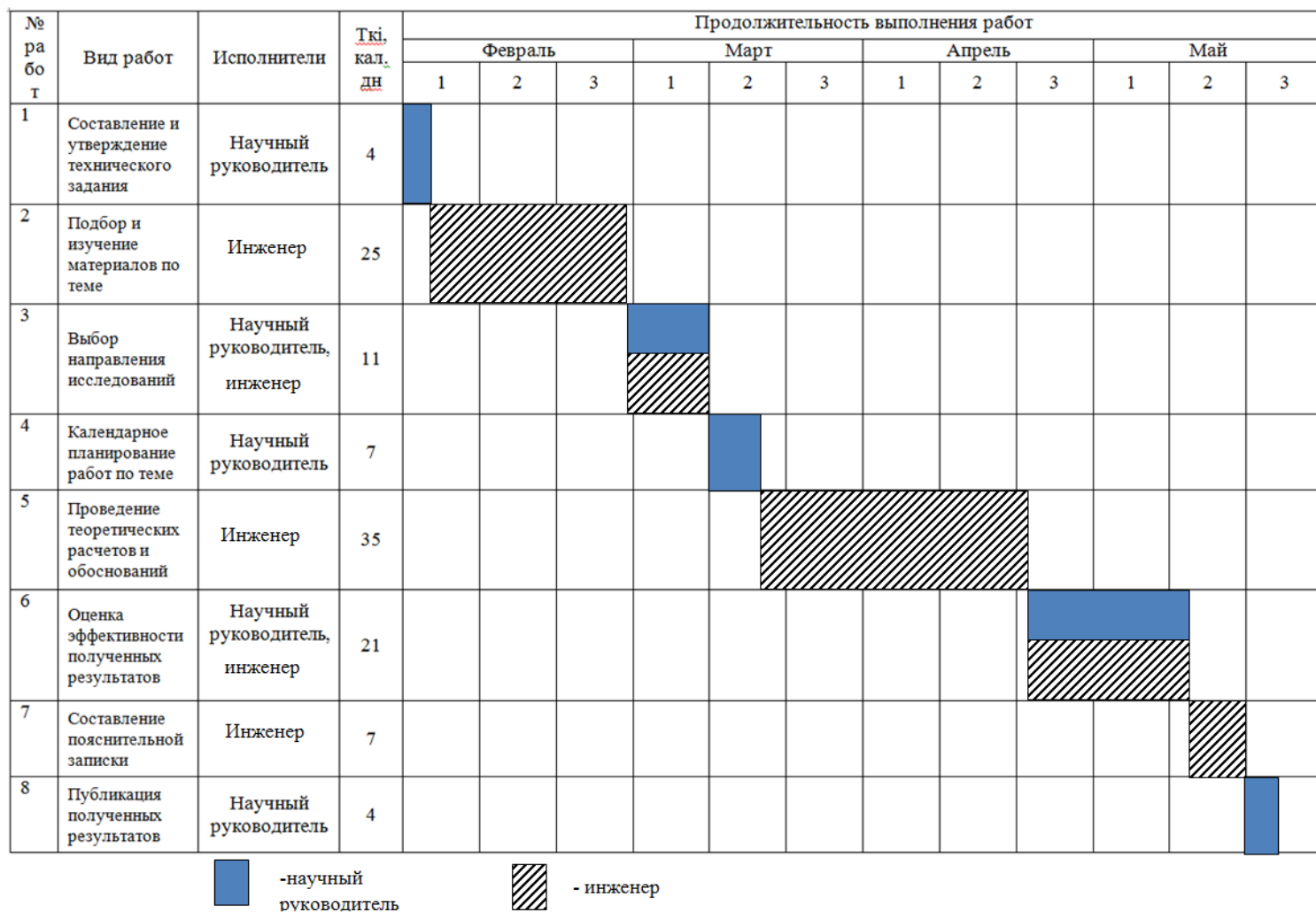
Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнител и		Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ож\ i}$ , чел-дни							
	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер	Науч. рук-ль	Инженер
Составление и утверждение технического задания	2	-	4	-	2,8	-	1	-	2,8	-	4	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	14	-	21	-	16,8	-	1	-	16,8	-	25
Выбор направления исследований	2	4	3	5	2,4	4,4	1	1	2,4	4,4	4	7
Календарное планирование работ по теме	3	-	7	-	4,6	-	1	-	4,6	-	7	-
Проведение теоретических расчетов и обоснований	-	21	-	28	-	23,8	-	1	-	23,8	-	35
Оценка эффективности полученных результатов	3	7	5	14	3,8	9,8	1	1	3,8	9,8	6	15
Составление пояснительной записки	-	5	-	10	-	5	-	1	-	5	-	7
Публикация полученных результатов	2	-	4	-	2,8	-	1	-	2,8	-	4	-

Календарный план-график построенный для максимального по длительности второго варианта исполнения работ рамках научно-исследовательского проекта приведен в таблице 4.8:

**Вывод:** общее число работ составило 8. Ожидаемая трудоемкость работ для научного руководителя составила 16 чел-дней, для студента-исполнителя составила 60 чел-дней. Общая максимальная длительность выполнения работы составила 114 календарных дней.



Таблица 4.8 - Календарный план-график проведения НИР (Диаграмма Ганта)



#### 4.6. Расчет бюджета для научно-технического исследования

##### Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (5)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$Ц_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента ( $k_T$ ), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, занесены в таблицу 9.

Таблица 4.9 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб		Затраты на материалы, (Зм), руб	
		Науч. Рук-ль	Инженер	Науч. Рук-ль	Инженер	Науч. Рук-ль	Инженер
Компьютер	Штука	1	1	20000	25000	23000	28750
Принтер	Штука	1	1	6000	6000	6900	6900
Mathcad	Штука	1	1	7000	7000	8050	8050
Microsoft Word	Штука	1	1	2000	2000	2300	2300
Специализированное ПО	Штука	3	3	8000	8000	9200	9200
Канцелярские принадлежности	-	-	-	-	-	2000	4000
Итого						<b>51450</b>	<b>57200</b>

#### 4.7. Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы приведен в таблице 10:

Таблица 4.10 - Расчет основной заработной платы

№ п/ п	Наименовани е этапов	Исполнители по категориям		Трудо-емкость, чел.-дн.		Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.		Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб	
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
1	Составление и утверждение технического задания	Научн ый руково дитель	-	2,8	-	3060	-	8568	-
2	Подбор и изучение материалов по теме	-	Инже нер	-	16,8	-	1515	-	25452
3	Выбор направления исследовани й	Научн ый руково дитель	Инже нер	2,4	4,4	3060	1515	7344	6666
4	Календарное планирование работ по теме	Научн ый руково дитель	-	4,6	-	3060	-	14076	-
5	Проведение теоретически х расчетов и обоснований	-	Инже нер	-	23,8	-	1515	-	36057
6	Оценка эффективнос ти полученных результатов	Научн ый руково дитель	Инже нер	3,8	9,8	3060	1515	11628	14847
7	Составление пояснительн ой записки	-	Инже нер	-	5	-	1515	-	7575
8	Публикация полученных результатов	Научн ый руково дитель	-	2,8	-	3060	-	8568	-
Итого:								<b>50184</b>	<b>90597</b>

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (6)$$

где  $З_{осн}$  – основная заработная плата;

$З_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $З_{осн}$ ).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_{м} \cdot М}{F_{д}}, \quad (7)$$

где  $З_{м}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$М$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

$F_{д}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Расчет баланса рабочего времени приведен в таблице 11

Таблица 4.11 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	104	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	48
- невыходы по болезни	16	10
Действительный годовой фонд рабочего времени	207	189

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{м} = З_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_{д}) \cdot k_{р}, \quad (8)$$

где  $З_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от  $З_{тс}$ );

$k_{д}$  – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от  $З_{тс}$ );

$k_{р}$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата  $Z_{тс}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда  $T_{ci} = 600$  руб. на тарифный коэффициент  $k_t$  и учитывается по единой для бюджетных организаций тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 12:

Таблица 4.12 - Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб.дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Научный руководитель	30000	0,3	0,15	1,3	56550	3059,71	207	633360
Инженер	15000	0,3	0,5	1,3	35100	1514,689	189	286276
Итого								919636

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор (см. «Положение об оплате труда», приведенное на интернет-странице Планово-финансового отдела ТПУ).

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

### **Дополнительная заработная плата исполнителей темы**

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (9)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15). Расчет дополнительной заработной платы приведен в таблице 13.

### **Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (10)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлен в таблице 13

Таблица 4.13 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	633360	95004
Инженер	286276	42941
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Отчисления, руб		
Научный руководитель	197386,6	
Инженер	89218	

## Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергия, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (11)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Расчет величины накладных расходов приведен в таблице 14

Таблица 4.14 – Накладные расходы

	$З_{\text{накл}}$ , руб.
Научный руководитель	156352
Инженер	76102

## Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 15



Таблица 4.15 - Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Научный руководитель	Инженер	
1. Материальные затраты НТИ	51450	57200	Пункт 3.3.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	633360	286276	Пункт 3.3.2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	95004	42941	Пункт 3.3.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	197386	89218	Пункт 3.3.4
5. Накладные расходы	156352	76102	16 % от суммы ст. 1-4
Бюджет затрат НТИ	<b>1133552</b>	<b>551737</b>	Сумма ст. 1-5

**Вывод:** суммарный бюджет затрат НТИ составил – 1685289 рублей.

#### 4.8. Определение целесообразности и эффективности научного исследования

##### Анализ и оценка научно-технического уровня проекта

Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности исследования необходимо: рассчитать коэффициент научно-технического уровня. Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок, в котором каждому из признаков НТУ присваивается определенное число баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по сумме баллов по всем показателям с учетом весовых характеристик. Общая оценка рассчитывается по формуле:

$$HTU = \sum_{i=1}^n k_i \cdot P_i \quad (12)$$

где  $k_i$  – весовой коэффициент  $i$  – го признака;

$P_i$  – количественная оценка  $i$  – го признака.

Таблица 4.16 – Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0.4
Теоретический уровень	0.2
Возможность и масштабы реализации	0.4

Таблица 4.17 – Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НТУ
5-7	Средний НТУ
8-10	<u>Сравнительно высокий НТУ</u>
11-14	Высокий НТУ

Таблица 4.18 – Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Установка законов, разработка новой теории	10
<u>Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ, взаимозависимость между факторами</u>	<u>8</u>
Разработка алгоритма	6
Элементарный анализ связей между факторами (наличие гипотезы, объяснение версий, практические рекомендации)	2
Описание отдельных факторов (вещества, свойств, опыта, результатов)	0.5

Таблица 4.19 - Возможность реализации по времени и масштабам

Время реализации	Баллы
<u>В течение первых лет</u>	<u>10</u>
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2
Масштабы реализации	Баллы
Одно или несколько предприятий	2
<u>Отрасль</u>	<u>4</u>
Народное хозяйство	10

$$k_1 = 0.4, P_1 = 10, k_2 = 0.2, P_2 = 8,$$

$$k_3 = 0.2, P_3 = 10, k_4 = 0.2, P_4 = 4.$$

$$НТУ = 0.4 \cdot 10 + 0.2 \cdot 8 + 0.2 \cdot 10 + 0.2 \cdot 4 = 8.4$$

По полученным результатам расчета коэффициента научно-технического уровня можно сделать вывод, что данный проект имеет высокую значимость теоретического и практического уровня, и при этом используется в широком спектре отраслей

### Оценка важности рисков

При оценке важности рисков оценивается вероятность их наступления ( $P_i$ ). По шкале от 0 до 100 процентов: 100 – наступит точно, 75 – скорее всего наступит, 50 – ситуация неопределенности, 25 – риск скорее всего не наступит, 0 – риск не наступит. Оценка важности риска оценивается весовым коэффициентом ( $w_i$ ). Важность оценивается по 10- балльной шкале  $b_i$ .

Таблица 4.20 – Экономические риски

№	Риски	P <sub>i</sub>	b <sub>i</sub>	w <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> *w <sub>i</sub>
1	Инфляция	100	1	0,019	1,960
2	Экономический кризис	25	2	0,039	0,980
3	Недобросовестность поставщиков	25	6	0,117	2,941
4	Непредвиденные расходы в плане работ	50	7	0,137	6,862
5	Снижение уровня спроса на продукцию	50	10	0,196	9,803
6	Сложность выхода на мировой рынок вследствие монополизированность рынка	75	7	0,137	10,294
7	Колебания рыночной конъюнктуры	25	6	0,117	2,941
8	Отсутствие в числе сотрудников экономистов	25	2	0,039	0,980
9	Низкие объемы сбыта	50	10	0,196	9,803
	Сумма		51	1	46,568

Таблица 4.21 – Технологические риски

№	Риски	P <sub>i</sub>	b <sub>i</sub>	w <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> *w <sub>i</sub>
1	возможность поломки оборудования	25	7	0,25	6,25
2	низкое качество поставленного оборудования	25	9	0,3214	8,0357
3	неправильная сборка оборудования	25	8	0,2857	7,1428
4	опасность для работающего персонала и аппаратуры	75	4	0,1428	10,714
	Сумма		28	1	32,142

Таблица 4.22 – Научно-технические риски

№	Риски	P <sub>i</sub>	b <sub>i</sub>	w <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> *w <sub>i</sub>
1	развитие конкурентных технологий	75	7	0,145	10,937
2	создание новых методов синтеза	75	7	0,145	10,937
3	риск невозможности усовершенствования технологии	50	8	0,166	8,333
4	отсутствие результата в установленные сроки	50	7	0,145	7,2916
5	получение отрицательного результата при внедрении в производство	25	10	0,208	5,208
6	несвоевременное патентование	25	9	0,187	4,687
	Сумма		48	1	47,395

Таблица 4.23 – Общая оценка риска проекта

Виды рисков в группе	P <sub>i</sub>	b <sub>i</sub>	W <sub>i</sub>	P <sub>i</sub> *W <sub>i</sub>
Экономические	46,57	10	0,25	11,64
Технологические	32,14	9	0,5	16,07
Научно-технические	47,4	6	0,25	11,85
Итого		25	1	39,56

Итоговая оценка риска проекта составила порядка 40%, т.е. проект имеет право на жизнь, хотя и не лишен препятствий.

Для того чтобы избежать риски или минимизировать их воздействие на проект необходимо проводить мероприятия по борьбе с рисками.

Таким образом, анализируя результаты данного раздела, можно заключить, что проводимое исследование имеет высокую значимость теоретического и практического уровня, а также приемлемый уровень рисков. Это подтверждает целесообразность проводимого научного исследования.

Следует отметить важность для проекта в целом проведенных в данной главе работ, которые позволили объективно оценить эффективность проводимого научно-технического исследования.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
5AM4E	Белькову Станиславу Андреевичу

Институт	ЭНИН	Кафедра	ЭПП
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Электроэнергетика и Электротехника

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	<p><i>Описание рабочего места инженера электромеханика на предмет возникновения:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, шум, вибрация)</li> <li>– опасных проявлений факторов производственной среды (опасность поражения электрическим током, опасность поражения молнией)</li> </ul>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью;</li> <li>– предлагаемые средства защиты.</li> </ul> <p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности;</li> <li>– электробезопасность;</li> <li>– пожаробезопасность.</li> </ul> <p>3. Охрана окружающей среды:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>- воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>- анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>- разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul> <p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Возможность возникновения пожаров из-за наличия легко воспламеняющихся материалов. Приняты меры противопожарной безопасности.</li> </ul> <p>5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ (ред. от 16.07.2012) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».</p>
<b>Перечень графического материала:</b>	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию	Устройство молниезащиты используемой солнечной электростанцией

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Дашковский Анатолий Григорьевич	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
5AM4E	Бельков Станислав Андреевич		

## **5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

В процессе любой трудовой деятельности, каждый человек, вовлечённый в эту деятельность, подвергается воздействию целого комплекса производственных факторов. В свою очередь, эти факторы способны влиять на здоровье человека. Совокупность всех факторов, влияющих на здоровье человека, называется условиями труда.

Реальные условия труда характеризуются различными вредными и опасными факторами. Зачастую, между опасными и вредными факторами не существует чёткой границы, каждый фактор может рано или поздно привести к потере здоровья или к несчастному случаю.

Для недопущения несчастных случаев и вреда здоровью, рабочее место должно быть спроектировано с соблюдением всех законодательных норм и правил, ГОСТов, СНиПов и Федеральных законов.

Данный раздел включает в себя описание опасных и вредных факторов, которые испытывает дежурный электрик на солнечной электростанции. Идентификацию потенциально опасных и вредных производственных факторов в соответствии с ГОСТ 12.0.003–74.

Задачами данного раздела являются:

- 1) Анализ рабочего помещения на наличие опасных и вредных факторов;
- 2) Анализ законодательных и нормативных документов, затрагивающих данную тему;
- 3) Анализ влияния вредных и опасных факторов на дежурного электрика, проанализировать меры по снижению влияния опасных и вредных факторов;

## **5.1 Производственная безопасность**

### **5.1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов**

Основное рабочее место дежурного электрика располагается в производственном помещении. Основная работа производится с использованием персонального компьютера (ПС).

При работе с ПК возможны следующие вредные факторы: повышенный уровень шума, повышенная температура, нехватка естественного света, малая освещённость и возможность поражения статическим электричеством. К опасным факторам относится возможность поражения электрическим током.

Условия труда дежурного электрика определяются:

- Расположением основных элементов рабочего места, которые должны иметь эргономичное расположение и соответствовать анатомо-физиологическим данным работающего человека, а так же особенностями средств ввода-вывода информации
- Условием окружающей среды, микроклиматом: освещение, шум, вибрации, вентиляция, температурный режим;
- Характеристиками информационного взаимодействия человека и ПК.

### **5.1.2 Микроклимат**

Микроклиматические параметры, такие как температуры, относительная влажность и скорости движения воздуха в помещении, напрямую влияют на работающего человека. Для обеспечения оптимальных условий труда санитарные нормы СанПиН 2.2.4.548-96 определяют на одного работающего человека объём производственного помещения не менее 20 м<sup>3</sup> площади помещения, огороженного стенами не менее 6 м<sup>2</sup>.

С целью создания нормативных условий для персонала установлены нормы производственного микроклимата ГОСТ 12.1.005-88 «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования», а также СанПиН 2.2.4.584-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных



помещений». В таблице 5.1 приведены оптимальные нормы параметров микроклимата, в таблице 5.2 допустимые нормы [25].

Таблица 5.1 – Оптимальные нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Время года	Категория работы	Температура, °С	Относительная влажность, %	Средняя скорость движения воздуха, не более 2 м/с
Холодный	Лёгкая, 1-я	22 - 24	40 – 60	0.2
Тёплый	Лёгкая, 1-я	23 - 25	40 - 60	0.2

Таблица 5.2 - Допустимые нормы параметров микроклимата в рабочей зоне производственных помещений

Период года	Категория работы	Температура, °С				Относительная влажность, %, не более	Скорость движения воздуха, м/с, не более
		Верхняя		Нижняя			
		На рабочих местах					
		Постоянных	Непостоянных	Постоянных	Непостоянных		
Холодный	Легкая	25	26	20	18	75	0,1
Теплый	Легкая	28	30	22	20	55 при 28 °С	0.1-0.2

Требуемое состояние микроклимата рабочей зоны может быть обеспечено при использовании таких технических средств, как:

- Теплоизоляция источников тепловых излучений, с целью предотвращения нагревания воздуха в помещении и тепловой защиты персонала;
- Устройств вентиляции и отопления [СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»].

Задача вентиляции – поддержание и обеспечение чистоты воздуха в производственном помещении. Вентилирование помещения достигается с помощью нагнетания свежего и отводом загрязненного или нагретого воздуха.

Целью отопления помещения является поддержание в них в холодное время года заданной температуры воздуха, а также обеспечить безопасность в отношении пожаров и взрывов.

### 5.1.3 Электромагнитное и ионизирующее излучение

Электромагнитное и ионизирующее излучение представляют серьёзную угрозу здоровью человека, в случае превышения предельно допустимых норм. Нормирование постоянных магнитных полей производится по СНиП 1748-72. Напряженность рабочего места при работе магнитных устройств не должна превышать 8 кА/м. Согласно ГОСТ 12.1.002-75 «Электрические поля промышленной частоты» облучение электрическим полем регламентируется как по величине напряженности, так и по продолжительности действия, таблица 5.3.

Таблица 5.3 – Допустимые уровни напряжённости электрического поля и продолжительности пребывания работающих без средств защиты

Напряженность электрического поля, кВ/м	Допустимая продолжительность пребывания человека в течение суток в электрическом поле, мин.
Менее 5	Без ограничений
5-10	Не более 180
10-15	Не более 90
15-20	Не более 10
20-25	Не более 5

Ослабление мощности электромагнитного поля на рабочем месте, в частности в производственном помещении, достигается путём увеличения расстояния между источником излучения и рабочим местом, установкой отражающих или поглощающих экранов между источником и рабочим местом, размещение токоведущих элементов аппаратов и устройств в ферромагнитные оболочки кожухи. Самым эффективным методом является установка экранирующих экранов. Экраны могут экранировать как сам источник, так и рабочее место. Также применяют заземляющие экраны.

#### 5.1.4 Освещение

Низкая освещённость рабочего места препятствует длительной работе, вызывая утомление и способствуя развитию близорукости у работающего персонала. Слишком низкие уровни освещенности способны вызывать апатию и сонливость, в совокупности с другими факторами способны развить чувство тревоги. Длительное пребывание в таких условиях вызывает снижение интенсивности обмена веществ в организме и его общее ослабление. Подобные симптомы наблюдаются и при работе в помещениях с ограниченным спектральным составом света. Слишком яркий свет ослепляет, понижает зрительную функцию, вызывает перевозбуждение нервной системы, снижает работоспособность. Воздействие чрезмерной яркости может вызывать фотоожоги глаз и кожи, кератиты, катаракты и другие нарушения.

Нормирование естественного освещения осуществляется согласно СНиП 23-05-95 [26].

Произведём расчёт освещения рабочего помещения дежурного электрика.

Размеры помещения: 13x5x2. Характер помещения: малое количество пыли, помещение без повышенной опасности.

Для производственного помещения будет применяться система комбинированного освещения. Светильники СДС 22-04-Д1-100-2000-УХЛ (155x195, мощность – 20 Вт, КПД=83 %).

Высота помещения составляет 2 метров, что позволяет использовать выбранный светильник.

Расчёт размеров:

$H=5$  м;  $LA=13$  м;  $LB=5$  м;  $h_p=0,8$  м;

Расстояние между светильниками и перекрытием:  $h_c=0,5$  м.

Высота светильника над полом:  $h_n=H - h_c=5 - 0,5=4,5$  м.

Высота светильника над рабочей поверхностью:

$h=h_n - h_p=4,5 - 0,8=3,7$  м.

$\lambda=2$ , найдём расстояние между соседними светильниками

$$L=h*\lambda=3,7*2\approx 7 \text{ м}$$

Оптимальное расстояние от крайнего ряда светильников до стены  $l=L/3=7/3\approx 2 \text{ м}$  [27].

Светильники разместим в 2 ряда. В ряду установим 6 светильников, расстояние между ними будет составлять 0.7 м.

Расчёт общего равномерного освещения. Световой поток в каждом ряду:

$$\Phi = E_n \cdot S \cdot K_z \cdot \frac{Z}{n} \cdot \eta = 500 \cdot 65 \cdot 1.1 \cdot \frac{1}{12} \cdot 1 = 2979 \text{ Лм},$$

где,  $E_n=500$  – минимальный уровень освещённости по СНиП 23-05-95, лк;

$S = 65 \text{ м}^2$  – площадь освещаемого помещения,  $\text{м}^2$ ;

$K_z = 1.1$  – коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника

$Z = 1$  – коэффициент неравномерности освещения, для светодиодных ламп при расчётах берётся равным 1;

$n$  – число светильников;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока.

Индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h} (A + B) = \frac{65}{3,7} \cdot (13 + 5) = 3,16.$$

Мощность осветительной системы равна 240 Вт.

### 5.1.5 Шумы и вибрации

Шум – это совокупность звуков различной интенсивности и частоты, возникающих при механических колебаниях газообразных, твердых и жидких сред. Оказывает сильное влияние на организм работающего человека, его нервную и сердечнососудистую системы. Длительное воздействие шума снижает остроту зрения и слуха, вызывает повышение кровяного давления, утомление центральной нервной системы. У людей работающих в шумном помещении, увеличивается количество ошибок в процессе работы, снижается

производительность труда. Воздействие шума способно приводит к появлению профессиональных заболеваний и может явиться также причиной несчастного случая. Источником шума на предприятии являются машины, оборудование и различные виды ручного инструмента.

Значения предельно допустимых уровней шума нормируются ГОСТ 12.1003-83 и СН 2.2.4/2.1.8.562-96, таблица 5.4.

Таблица 5.4 – Предельно допустимых уровни шума

Уровень звукового давления (дБ) в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	85
99	92	86	83	80	78	76	74	

Снижения шума достигают с помощью: уменьшения в источнике, изменение направленности излучения, планировки помещения, звукоизоляции, уменьшения шума на пути его распространения.

В случае невозможности уменьшить шум, применяют средства индивидуальной защиты: вкладыши (снижение шума 5-20 дБ), наушники (воздействии шумов высокого уровня, более 120дБ), шлемы (используют когда вкладыши и наушники не обеспечивают необходимой защиты).

### **5.1.6 Электрический ток и статическое электричество**

Поражение электрическим током является опасным фактором, который может привести к смерти человека. Может быть вызвано неправильными действиями персонала при проведение работ, прикосновением к нетоковедущим частям, оказавшимися под напряжением в результате пробоя изоляции оборудования.

Вероятность поражения электрическим током можно снизить путем инструктирования персонала технике безопасности, правилам технической эксплуатации используемого оборудования, оказания первой помощи пострадавшему. Обязательно должно быть выполнено защитное заземление и зануление.

Средства защиты от поражения электрическим током следующие:

- Коллективные: переносное заземление, устройства защиты оборудования;
- Индивидуальные: диэлектрические перчатки и боты, диэлектрический инструмент, штанги с указателями напряжения.

Все средства защиты должны находиться в исправном состоянии. Должна проводиться проверка средств защиты в установленные сроки.

Статический заряд накапливается на теле человека в следствии явления электризации. Он не опасен для человека, но может вывести из строя компоненты компьютерной техники.

При работе с компьютерной техникой, в целях защиты его от статического электричества, необходимо: правильно выполнить заземляющее устройство, держать влажность на требуемом уровне, использовать антистатические коврики под рабочим местом и использовать антистатический браслет.

## **5.2 Человек и окружающая среда**

Человек находится под постоянным воздействием целого спектра факторов окружающей среды. Он неотделим от среды, в которой существует.

Создание искусственной среды вокруг человека вызвано спецификой самого человека, как объекта действия всевозможных экономических факторов. Эти действия всегда опосредованы результатам производственной деятельности людей. В ходе этого процесса, антропогенные экосистемы вытесняют естественные.

Техносфера – это результат человека стремящегося изменять окружающую его среду посредством своей активной деятельностью и деятельной сущностью. Люди формируют искусственную, техногенную среду, которая выполняет все их желания.

Создание искусственной среды породило новую проблему – эффективное управление техногенной средой и прогнозирование ее реакций

на новые инновации. Техносферой движут собственные закономерности, поэтому она относительно независима не только от внешней природы, но и от породившего ее человечества.

Рост производства и усиленная переработка природных ресурсов привели к проблеме техногенных загрязнений.

Современные исследователи констатируют противоречивое влияние техносферы на человеческую жизнь: с одной стороны, она, создавая комфортную искусственную среду и удовлетворяя материальные потребности людей, поддерживает их существование; а с другой – техносферное воздействие оказывает все большее негативное влияние на биосферную жизнь и социокультурные процессы.

На человека одновременно оказывают воздействия многие факторы – природные, техногенные, социальные. Эти воздействия переменны во времени. Реакция человека на них тоже переменна и зависит от множества обстоятельств.

Загрязнение атмосферного воздуха является одним из ведущих факторов риска для здоровья населения. Установлена статистически значимая зависимость от загрязнения атмосферного воздуха заболеваемости респираторными заболеваниями, а также физического развития детей.

В настоящее время расширяется список экологически обусловленных заболеваний. Отмечается увеличение частоты обострений заболевания.

Нарушение гармоничных взаимоотношений человека и природы имеет опасные последствия как для ныне живущих людей так и для будущих поколений. Во избежание возможной катастрофы, человек должен осознать основные принципы и правила, которые разрабатываются экологией человека (изучающей адаптационные возможности его организма) и социальной экологией (исследующей взаимоотношения общества и окружающей среды).

Серьезность влияния обработки и захоронения отходов на окружающую среду зависит от объема производимых отходов, их состава,

количества незаконно захороненных отходов, количества размещенных на свалке отходов и стандартов на заводах по обработке отходов. Будущее влияние процесса управления отходами будет зависеть от того, как изменятся указанные факторы. Окончательная обработка отходов, на сегодняшний день, означает либо их захоронение на свалке, либо сжигание, и два этих вида окончательной обработки оказывают разное, но в обоих случаях негативное, влияние на окружающую среду.

Размещение отходов на свалках ведет к выделению метана - одного из парниковых газов и опасных химических веществ, которые оказывают вредное воздействие на окружающую среду.

Сжигание отходов ведет к выбросу газов из труб сжигающих их заводов. Эти газы содержат опасные химические вещества, такие как кадмий, ртуть и свинец. Токсичность тяжелых металлов при их изолированном действии на теплокровный организм достаточно изучена. Известно, что при поступлении в организм они могут оказывать влияние на функцию кроветворения, вызывать изменения морфологического состава периферической крови, блокировать сульфгидрильные группы, представлять опасность, способствуя развитию канцерогенного, генетических и других отдаленных биологических эффектов. Помимо этого на природную среду оказывает влияние выделение биогаза - метана, кислорода, углекислого газа, содержание которых может составлять десятки процентов. Эти величины превышают санитарные нормы и могут вызвать удушье человека. Биохимическое разложение и химическое окисление материала свалки может сопровождаться образованием очагов выделения тепла с повышением температур до  $75^{\circ}\text{C}$ , т.е. возможно самовозгорание отходов. Гниение материала ТБО сопровождается распространением запаха на расстояние более 1 км. Вредное воздействие на человека — воздействие факторов среды обитания, создающее угрозу жизни и здоровью человека, либо угрозу жизни или здоровью человека будущих поколений.



## **5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

### **5.3.1. Пожарная безопасность**

Согласно закону «О пожарной безопасности» от 21.12.94г. № 69-ФЗ пожарная безопасность – это состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров, а пожар – неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

Пожарная охрана – система органов управления, сил и средств, предназначенных для предупреждения и тушения пожаров.

Нормами пожарной безопасности НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» установлены следующие категории помещений: «А» (взрывопожароопасная), «Б» (взрывопожароопасная), «В1»-«В4» (пожароопасные), «Г» и «Д».

К категориям А и Б относятся помещения, в которых при воспламенении находящихся там веществ может развиваться избыточное давление 5 кПа. В помещениях категорий В1 - В4 возможно только горение горючих и трудногорючих веществ. Помещения категории Г характеризуются наличием горячих материалов. В помещениях категории Д обрабатываются вещества и материалы в холодном состоянии.

Рассматриваемое рабочее помещение относится к категории В1, в соответствии со СНиП 11-2-80.

Мероприятия противопожарной профилактики:

- Хранение ГСМ в обособленных помещениях, оборудованных несгораемыми шкафами и стеллажами;
- Оборудование системы вентиляции устройствами отключения при пожаре;
- Наличие пожарной сигнализации;

Во избежание распространения огня во время пожара с одной территории на другую, используются различные пожарные преграды, такие как: стены, двери, окна, перегородки.

В коридорах, на лестничных площадках и у входов, должны быть установлены пожарные краны. В помещении должны быть первичные средства пожаротушения.

При возгорании или возникновении пожара следует немедленно начать эвакуацию людей, отключить подачу воздуха по системе вентиляции, обесточить помещение.

В соответствии с нормами СНиП 2.01.02-85 для ликвидации пожаров на их начальной стадии, должны применяться первичные средства пожаротушения: пожарные краны; химические пенные огнетушители типа (ОХП-10), (ОХВП-10); углекислотные огнетушители (ручные ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8; передвижные-ОУ-25, ОУ-80); порошковые огнетушители типа ОП-5-01.

Для рабочего помещения целесообразно применение ручных углекислотных огнетушителей типа ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8.

### **5.3.2 Безопасность при чрезвычайных антропогенных и природных ситуациях**

Одной из первостепенных задач человечества является предупреждение и ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС).

Чрезвычайной ситуацией называется обстоятельство, возникающее в следствии техногенной катастрофы, природного или искусственного, военного, социального и политического характера действия природного или стихийного бедствия, приводящее к резкому ухудшению уровня жизни людей, экономики, социальной сферы и природной среды. ЧС отличаются масштабностью, охватывающие значительную территорию и угрожающие большому числу людей.

ЧС классифицируют: по природе возникновения; по масштабам распространения последствий; по причине возникновения; по скорости развития; по возможности предотвращения.

В зависимости от масштабов чрезвычайных ситуаций, ЧС подразделяются на 3 уровня:

- 1) Глобальные (федеральные);
- 2) Региональные (республиканские, областные, районные, городские);
- 3) Местные (объектные, частные).

К основным причинам возникновения чрезвычайных ситуаций можно отнести следующее:

- Следствие стихийных бедствий и особо опасных инфекций;
- Воздействие внешних природных факторов, приводящих к старению и разрушению материалов, конструкций, сооружений;
- Проектно-производственные дефекты сооружений;
- Воздействия технологических процессов промышленного производства на материалы сооружений;
- Нарушение правил техники безопасности при ведении работ и технологических процессов;
- Ошибки, связанные с системой отбора руководящих кадров, низким уровнем профессиональной подготовки рабочих и их некомпетентностью и безответственностью.

Анализ выше указанных причин показывает, что основную опасность несут человеческие ошибки: свыше 60% аварий на потенциально опасных объектах происходит из-за ошибок персонала.

По некоторым оценкам, человеческие ошибки обуславливают: 45% экстремальных ситуаций на АЭС; 60% авиакатастроф; 80% катастроф на море; 90% катастроф на автодорогах.

Для объекта исследований выпускной квалификационной работы характерно возникновения возгорания (пожар), как чрезвычайной ситуации.

## **Заключение**

В работе рассмотрена солнечная электростанция, способная за счет энергии солнца полностью покрыть потребность в электрической энергии потребителя маломерного судна.

Необходимое количество электрической энергии будут обеспечивать 16 солнечных модулей, бесперебойность электроснабжения обеспечивается за счет установки 8 накопителей, суммарной емкостью 1600 А\*ч и напряжением 48 В. Системой предусмотрена установка инвертора, который позволяет синхронизировать систему, тем самым облегчая эксплуатацию солнечной станции.

Согласно разработанной схеме солнечной электростанции, выбрано основное оборудование. Полная стоимость основного оборудования электростанции составляет 941472 рублей.

В целом, в рассматриваемом регионе не сильно высокий потенциал возобновляемых источников энергии. Однако, использование новейшего и высокоэффективного оборудования, позволяет использовать альтернативную энергетику в этом районе. Спроектированная система электроснабжения наглядно это демонстрирует.

### **Список использованных источников:**

1. Виссарионов В. И. Дерюгина Г. В. Кузнецова В. А., Солнечная энергетика: Учебное пособие для вузов/ Под. Ред. В. И Виссарионова- М.: Издательский дом МЭИ, 2008. - 320 с.
2. Лукутин Б.В. Возобновляемая энергетика в децентрализованном электроснабжении: монография / Б.В. Лукутин, О.А. Суржикова, Е.Б. Шандарова. - М.: Энергоатомиздат, 2008. - 231 с
3. Будзко И. А. Электроснабжение сельского хозяйства/ И. А. Будзко Т. Б. Лещинская - М.: Колос, 2000. - 536 с.
4. Фаренбрух А., Бьюб Р. Солнечные элементы: теория и эксперимент / Пер. с англ. под ред. М.М. Колтуна. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 280 с.
5. Типовые схемы подключения ВИЭ. URL: <http://www.termocool.ru>
6. Устройство и общий принцип действия аккумуляторов. URL: <http://electrohobby.ru>
7. Аккумуляторы глубокого циклирования для автономных систем электроснабжения на возобновляемых источниках энергии. URL: <http://solarhome.ru>
8. Солнечные панели. Исследование и режимы работы. URL: <http://www.solarenergo.ru>
9. Производство и эксплуатация солнечного оборудования. URL: <http://www.hevelsolar.ru/>
10. Инверторы. URL: <http://solar.schneider-electric.com/>
11. Солнечные панели. Исследование и режим работы. URL: <http://www.solarenergo.ru/>
12. Солнечные элементы. Монтаж и эксплуатация. URL: <http://www.solarempire.ru/>
13. Интеллектуальные энергосистемы. URL: <http://www.smartgrid.ru/>
14. Производство и продажа гелевых АКБ. URL: <http://winston-battery.com/>
15. Производство и продажа гелевых АКБ. URL: <http://greentok.ru/>
16. Контроллеры для солнечных батарей. URL: <http://www.npower.com.ua/>

17. Инверторы. URL: <http://elektrik.info/main/energy/868-invertor-dlya-domashney-solnechnoy-elektrostantsii.html>
18. Маломерное судно Bavaria Virtess 420. URL: <http://bavariayachts.ru/catalog/virtess/420coupe>
19. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, Л.Р. Тухватулина, И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.В. Шаповалова; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 73 с
20. СНиП 23-05-95 "Естественное и искусственное освещение". Утв. постановлением Минстроя РФ от 2 августа 1995 г. N 18-78.
21. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». Минздрав России, Москва. – 2003.
22. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности / Белов С.В., Ильницкая А.В., Козьяков А.Ф.. – М.: Высшая школа, 2007. – 616 с.
23. Безопасность жизнедеятельности. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 12 с.
24. ГОСТ 12.1.006-84. Система стандартов безопасности труда. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. Издательство стандартов, Москва. – 1984.
25. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. Государственная противопожарная служба, Москва. – 2003.
26. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 02.07.2013) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

## Приложение А

### Обзор литературы на иностранном языке

### Physical principles of power generating based on photovoltaic modules

Студент:

Группа	Ф.И.О.	Подпись	Дата
5AM4E	Бельков Станислав Андреевич		

Консультант кафедры ЭПП:

Должность	Ф.И.О.	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Муравлев И.О.	к.т.н.		

Консультант-лингвист кафедры ИЯЭИ:

Должность	Ф.И.О.	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Матухин Д.Л.	к.п.н.		

# **Content**

## **Introduction**

1. Physical principles of power generating based on photovoltaic modules
  - 1.1. Principle of solar modules operation
  - 1.2. Mathematical description of physical process of generation electricity with PV modules.
2. Types and characteristics of photovoltaic modules
  - 2.1. Types of solar panels
  - 2.2. Properties of solar panels

## **Conclusion**

## **References**



## Introduction

Production of electricity is an important feature of humanity existence and evolution that influences nature and environment. On the one hand, heat energy and electricity are so integrated in human being activity that the last cannot start thinking about its existence without consumption of exhaustible resources. On the other hand, humanity is forced to concentrate attention on both economic and ecological aspects of energy generation. These features tell about necessity to find solutions for such questions as allocation resources for covering human demand, practical use of achievements, research and development alternative technologies for electricity production and so on.

In the beginning of XXI century, the important stage of electricity development has started. A lot of countries have been forced to concentrate their attention on renewable energy sources because of the following reasons: approaching threat of fuel starvation, pollution of environment and the increase of electricity demand is higher than production.

According to forecasts, we can expect global changing in energy pattern consumption in 50 years. Besides, social marginal costs will be decreased and even can be lower than zero in the particular case when energy reform will be clearly planned and become an important part of development. This all demand huge starting investments and development long-term strategies [1].

In the master thesis, we would like to concentrate an intention on solar energy.

At present time, this branch is dynamically developing from technological and economical points of view and integrated in all over the world. Advantages of such type of energy are solar radiation availability at all points of Earth, the technologies are being developed, life time and easy for maintenance.

Let's take look at the following data. Production costs of electricity using solar energy in USA have been reduced twice for past five years and will be equal to costs of electricity production using conventional sources of energy. According to the calculation of USA's energy regulatory office, the cost of 1 kWh produced by solar radiation equals 21 cents while the same amount of energy produced by

implementation new combined gas cycle turbines is about 6 cents.

The largest manufacturer of solar electricity is the company First Solar, it states that it will be able to set the electricity price from solar energy is equal to 10-12 cent for 1 kWh which is comparable with price of gas turbine stations. In order to do that, it is important to reduce expenses on purchase of photovoltaic panels.

Thus according to specialist's forecast the American solar power plants will be able to compete with gas turbine power plants in three years.

The American state California demonstrates the highest growth rate of production electricity using photovoltaic panels. The main plan of the state is to cover one third of demand using renewable energy sources. Recently, the installed capacity of the state is 300 MW. However, the state is going to extent that value to 16500 MW [4].

According to the data of European Association of Solar Energy, the installed capacity of German solar power plant is 18000 MW, which makes Germany leader in that business sector.

In Germany, there is most successful supporting scheme of RES (renewable source of energy) which is feed-in-tariff. The feed-in-tariff is fixed tariff for electricity from producers. The supporting schemes have led a solar energy to become more development structure. In 2011 more than 8 GW of solar photovoltaic power plants have been put into use.

Today Germany has more than 60 GW of wind and more than 24 GW of solar power. Electricity bills increased by 1.5 euros per month or 60 rubles for each consumer.

When we are speaking about Russian RES power plants, we can definitely say that installed capacity of RES is 1 MW doesn't make sense to say that Russia has RES energy. In order to do that, we need to solve a lot of problems [1].

# **1. Physical principles of power generating based on photovoltaic modules**

## **1.1. Principle of solar modules operation**

Ordinary the photovoltaic (PV) module consists of solar cells, connected together to provide essential capacity bank.

The basis of PV module is semiconductor with p-n junction. The electron-hole junction is created by the way of doping the plate with certain type of conductivity. This conductivity provides creation of surface layer with conductivity of reverse sign. Near the border of n- and p- layers, in the result of charges overflowing, the depleted zones are created with uncompensated volume of particles positively charged in n-layer while the volume of negative charges in p- layer. These zones, as a whole, create p-n junction.

The work of solar cells consists in usage of the photoelectric effect. The principle of the photoelectric effect states that solar photons are basis of solar radiation could throw away electrons from the object's surface (photoemission) or from lattice inside of semiconductor (internal photoelectric effect).

Photons with different energy will be absorbed by semiconductor material in the different depth. Absorbed photons with sufficient reserve of energy eject electrons from semiconductor's atom. At the place of the ejected electron the hole is created. Thus, the electron-hole has been created. Then electrons and holes can move through the material of semiconductor under the effect of electric fields.

The unequal charges (electron-hole pairs) being created by the light are then divided in p-n junction: the minority charges (electrons) flow through the tunnel easily while the majority charges (holes) are hold. If we close external circuit then electrons from n- layer, after work being done in the load, are going to combine holes (process so called recombination). In order to gather and eject electrons in the contact system external circuit is used [3].

## 1.2. Mathematical description of physical process of generation electricity with PV modules.

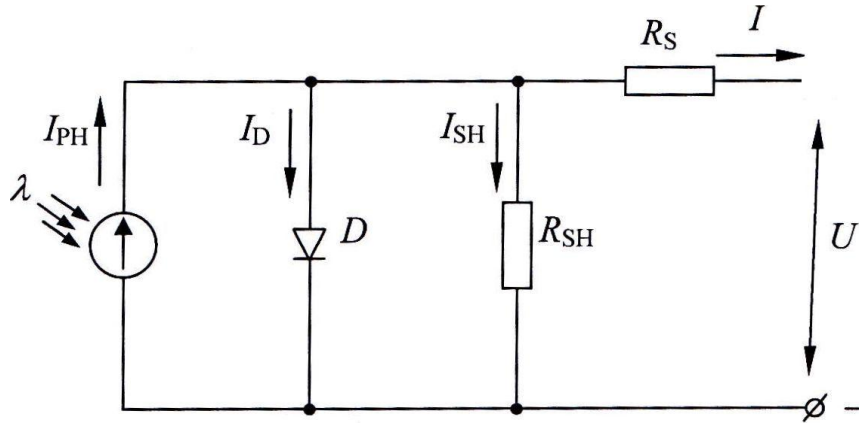


Figure 1.2 – Equivalent circuit of solar cell

Equivalent circuit of solar cell consists of the following components:

1. The ideal source of the primary photocurrent  $I_{PH}$ . The primary photocurrent is proportional to the flux of radiation (power)  $\Phi$  being dropped on the solar cell  $I_{ph}=\alpha\cdot\Phi$ , where  $\alpha$  is coefficient of proportion. Parameters of the current's source are determined by the condition of the light flux and optical material parameters from which the photoelectric converter is made.

2. The ideal diode  $D$ . We have introduced this diode in the equivalent circuit of solar cell in order to count the current through the p-n junction that created under the influence of direct bias due to excess concentration of electrons in the n- layer and excess concentration of holes in the p- layer.

3. The series resistance  $R_{SH}$  – the shunt resistor defines the value of leakage currents of the semiconductor device.

We can describe the physical processes of solar cell according to the following mathematical equation:

$$I = I_{PH} - I_S \cdot [\exp \cdot (q(U + I \cdot R_S) / k \cdot T_c \cdot A) - 1] - (U + I \cdot R_S) / R_{SH} \quad (1.1)$$

Where  $I_{PH}$  - generated current under the influence of solar light (so called photocurrent);  $I_S$  - reverse saturation current of the unlit diode;  $q$ - electron charge;  $R_S$  - series resistance of the photoelectric device;  $A$  - derived coefficient from comparison

of the theoretical and empirical current-voltage characteristics of solar cell;  $k$  - Boltzmann constant;  $T_c$  - current working temperature;  $R_{SH}$  - shunt resistance.

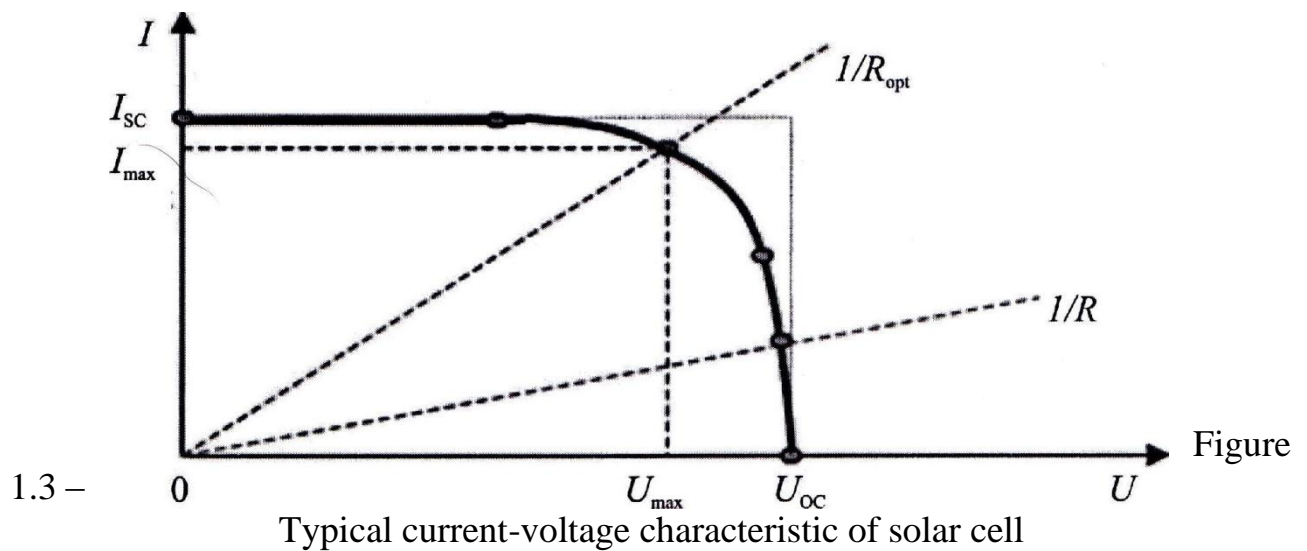
For an ideal solar cell, we have  $R_S=0$ ,  $R_{SH}=\infty$

We could have neglected the value of leakage currents because of their low value. Thus, the equation (1.1) can be simplified as follow:

$$I = I_{ph} - I_s \cdot [\exp \cdot (q(U + I \cdot R_s)/k \cdot T_c \cdot A) - 1] \quad (1.2)$$

Equations (1.1) and (1.2) determine current-voltage characteristic of solar cell, which is dependence of current and voltage.

In figure 1.3, typical current-voltage characteristic is introduced.



Each point of the current-voltage characteristic is corresponded to the certain value of the load. From the figure above, we can conclude that when resistance  $R$  increases with effect on voltage increasing and current decreasing. With lack of current in the external circuit the voltage value of photoelectric converter is equal to the open-circuit voltage –  $U_{oc}$ .

The open-circuit voltage value of the simple one stage solar cell varies within interval from 0,3 to 1,0 V and defined by electrical parameters and by the degree of the doping of material.

When metal contacts p- and n- areas of photoelectric converter are closed that means we can see short-circuit current in a contour. The value of that current depends

on the electrical parameters and the surface scale. By the fact above, by way of the main technical parameter of solar cell, we use the electric current density  $J_{SC}$ . The value of  $J_{SC}$  can varies within interval from one to hundreds milliampere per centimeter per square of lighted surface.

When the solar cell is switched on the external electric circuit, we can obtain the electric power  $P=I \cdot U$ . When we have some value of resistance  $R_{opt}$  we can get maximum values of the  $P_{max}=I_{max} \cdot U_{max}$ , where  $I_{max}, U_{max}$  - the maximum value of electric current and voltage respectively. The value of maximum power that can be derived is the maximum square of the rectangle in the current-voltage characteristic of solar cell.

In order to increase capacity of PV module, we can connect solar cells in the series-parallel order. The system of such solar cells is so called PV module. In the picture 1.4 you can see the structure scheme of PV module which consists of  $N_s$  elements connected in series order and  $N_p$  elements connected in parallel order.

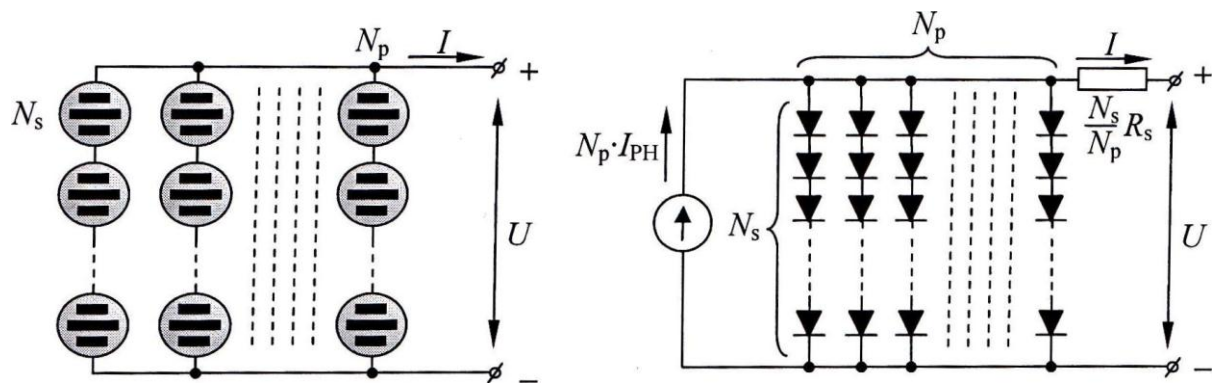


Figure 1.4 – Equivalent circuit of a solar module

The equation of current-voltage characteristic of PV module excluding influence of the shunt resistance can be described as follow:

$$I = N_p \cdot I_{ph} - N_p \cdot I_s \cdot [\exp(q([U/N_s + I \cdot R_s/N_p] / k \cdot T_c \cdot A) - 1)] \quad (1.3)$$

Mathematical equation is nonlinear. This makes sense to assume that direct definition of scheme's parameters of PV module with different values of temperature and lighting is a very difficult task. By taking into account fact above, we need to make some assumptions when we will project PV module.

Since the value of photocurrent is much higher than reverse current of the diode  $I_{PH} \gg I_{SC}$  and the value of leakage current are relatively small, we can assume:

$$I_{PH} = I_{SC}$$

When we have open-circuit condition according which external photocurrent equals zero and leakage current equals zero, too. All off these make sense to conclude that the reverse saturation current of a diode can be found using the following equation.  
[1]

$$I_{RS} = I_{SC} / [\exp(q \cdot U_{OC} / N_S \cdot k \cdot A \cdot T_C) - 1]$$

Main irreversible losses of energy in photoelectric device are caused by:

- solar radiation reflection from the surface;
- scattering by thermal vibrations of the lattice of the excess energy of photons;
- internal resistance of photoelectric device (PD);
- recombination of created photo pairs on the surface;
- internal resistance of photoelectric device (PD).

In order to decrease energy losses in the PD we can implement such methods as follow:

- implementation of semiconductors with optimal forbidden zone;
- improvement of semiconductor properties in the way of optimal doping;
- implementation of heterogeneous semiconductors instead of homogeneous;
- optimization of the semiconductor structure (depth of occurrence of p-n junction, thickness of the base layer, frequency of contact grid and so on);
- use multi-functional optical coatings with high degree of defense from cosmic radiation;
- designing of the PD with properties absorbing light in the long-wavelength diapason of solar radiation specter.

The efficiency of PD has been improved by means of creation of transducer with two-way sensitivity (added value +80% to existed efficiency of one side). Application of luminescent structures reradiating pre-expansion of the solar spectrum into two or more spectral ranges uses multilayer film beam splitters (dichroic mirrors) with next transformation of each specter area by different PDs.

In the solar power plants, we can use different types of PD with different structure of semiconductor materials. All PDs have to meet the following requirements before application:

- high degree of reliability for long term lifecycle;
- availability of initial resources for creation of system's elements;
- easy for maintenance;

For example, some materials are difficult to obtain in demanded quantity for creation solar power plants because of scarcity of nature raw materials. Some methods of energetic and maintenance improvement of PV panels are difficult to combine with company's resources.

High degree of performance can be reached with organization of fully automated manufacturing of PV modules. Manufacturing solar cells and assembling of solar capacity banks on the automated vehicle will provide decrease of cost. [5]



## **2. Types and characteristics of photovoltaic modules**

### **2.1. Types of solar panels**

Nowadays there are five pervasive types of solar panels differentiated by materials that are made of.

#### **1) Solar panels made of mono-crystalline solar cells**

Solar panels made of mono-crystalline solar cells are more effective and more expensive than the other technologies. Their efficiency varies within interval from 14-16%.

The main material of such solar panels is very pure silicon, which is treated from impurities in a several stages. Given material is mastered in production of semiconductors. Silicon single crystal grows on the seed, which is slowly pulled out of the silicon melt. The rods are cut into parts with thickness from 0,2 to 0,4 mm.

Then, derived silicon plates are affected with the following special operations:

- Turning, grinning and cleaning;
- Imposition of protective coatings;
- Metallization.

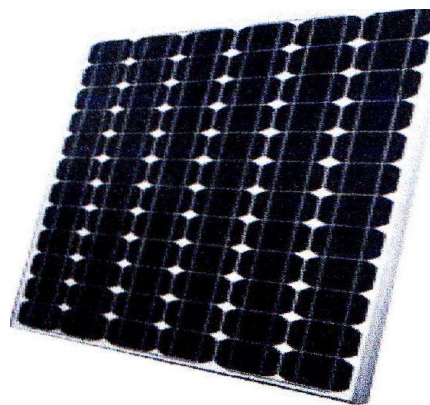


Figure 2.2 Mono-crystalline photovoltaic cells

Typically, single crystal elements are in the form of polygons, which are difficult to fill the entire area of the panel without residue. As a result, solar power density is slightly lower than power density of individual elements.

## **2) Solar panels made of polycrystalline solar cells**

Making the same poly-silicon is much easier since this material consists of randomly collected different mono-crystalline silicon lattice.

Solar panels made of polycrystalline photoelectrical elements are much pervasive because of optimal proportion of price and efficiency among different types of solar panels. Their efficiency is about 12-15 %.

Polycrystalline silicon is formed when silicon is melted very slowly under the fixed control. In the production of polycrystalline panels stretching operation, which is characteristic for the production of single-crystal elements are not carried out, which makes production more energy efficient and cheaper.

However, inside of the crystal of polycrystalline silicon there are areas divided by small bounds. These small bounds effect on the lowest efficiency of the solar panel.

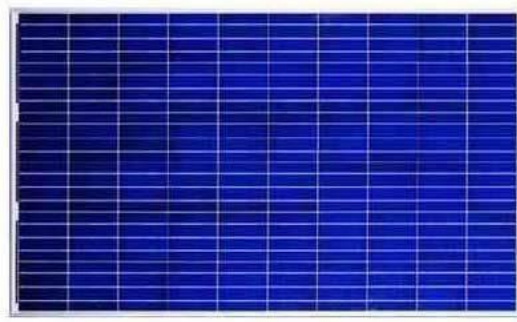


Figure 2.1 – Polycrystalline photovoltaic cells

The next subchapters will be devoted to the thin-film solar cells. All given types of solar panels have two particular advantages in comparison to panels made of silicon: good flexibility and low weight. In a few years, these technologies will be more in demand due to technology improvement and increasing efficiency of the panels. Let's take a look at the three main types of solar panels based on the thin-film solar cells technology.

## **3) Solar cells made of amorphous silicon**

Solar panels from amorphous silicon have one of the lowest efficiency. Usually that value varies within the interval 6-8%. Beside of this fact, given technology generates low cost electricity due to cheap production.

Amorphous silicon is derived with help of phase evaporation technique when thick skin of silicon is absorbed on the material and the protected by surface. This technology has as disadvantages as advantages:

Advantages:

- the process of production of solar panels based on amorphous silicon relatively simple and inexpensive;
- possible to produce a large area of the elements;
- low rate of power consumption;

Disadvantages:

- The conversion efficiency is much lower than in the crystal elements;
- The elements could be affected by degradation effect.



Figure 2.1 – Amorphous silicon

#### **4) Solar panels made of cadmium telluride**

Solar panels made of cadmium telluride (CdTe) are created using the film technology. Semiconductor layer applied to a substrate several hundred microns. Efficiency of such technology is about 11 %. However, in comparison to silicon panels the solar panels made of cadmium telluride are cheaper to produce



Figure 2.1 – Cadmium telluride

#### **5) Solar panels based on CIGS**

CIGS is semiconductor consisted of copper, indium, gallium and selenium. The film of such structure is derived in the way of copper, indium, gallium melting with the next treatment by vapors of selenium. The efficiency of such panels is 15%.



Figure 2.2. – CIGS semiconductor

Nowadays, it is more common to find application crystalline silicon solar cells in the market (about 85% of world market). Solar panels, made of mono-crystalline and polycrystalline photoelectrical elements, are more common due to the best proportion of price and efficiency.

Thin-film solar cells (about 15% of the market) are of great interest due to their permanent reduction in the cost associated with less use of sensitive material and

cheaper technologies. It is expected that these and other factors, the cost of the resulting materials will be low enough for mass production and application of solar cells. In the market of solar panels we can expect share growth of thin-film batteries from 15% in 2009 to 30,5% in 2015 year. For example in USA we may expect price decreasing over than 20% for thin-film photoelectric modules. [4]

In the implementation of the choice of solar panels, we will pay attention to the battery of crystalline silicon. Opting for silicon elements is conditioned because of the following factors:

- Batteries based on amorphous silicon have a pronounced deficiency in the form of degradation;
- Solar panels from cadmium telluride have a low conversion efficiency and low spread not only in Russia but also in the global market (6% of the total battery life);
- The most-effective thin-film cells based on CIGS technology occupy only 2% of the world market of solar cells. Delivery of this type of battery is almost at the moment in the domestic market.

When choosing solar cells raises the question of whether a particular type of photovoltaic cells could provide the necessary capacity of the entire system.

In European countries it is very rare when the intensity of solar radiation is about nominal value of solar panels [4].

## **2.2. Properties of solar panels**

Manufacturer in the following order specifies the main technical parameters:

- Module type;
- Proportions;
- Weight;
- Installed power;
- Working voltage;
- Voltage in the point of maximum power;
- Open-circuit voltage;
- Working current;

- Short-circuit current.

Values for parameters above are derived under normal condition measurement: value of luminance is 1000 W/m<sup>2</sup>, temperature is 25°C. Main parameters of equivalent scheme have been considered in the previous chapters. The tables below show main characteristics and price of some solar panels.

Table 2.1 – Parameters of solar panels produced by “Solarenergo” [5]

Model	Installed power, W	U, V	Um, V	Im, A	Proportions, mm	Weight, kg	Price, ₴.
FSM-50	50	21	17	2,95	1028x450x28	5,9	9000
FSM-55	55	21	17	3,15	1028x450x28	5,9	9900
FSM-60	60	21	17	3,45	1028x450x28	5,9	10800
FSM-70	70	21	17	4	1195x536x28	8,9	12600
FSM-75	75	21	17	4,35	1195x536x28	8,9	13500
FSM-85	85	21	17	4,9	1195x536x28	8,9	15300
FSM-100	100	21	17	6	1305x655x28	12,5	18000
FSM-110	110	21	17	6,3	1305x655x28	12,5	19800
FSM-120	120	21	17	7,5	1305x655x28	12,5	21600
FSM-140	140	21	17	8,4	1600x800x35	19	25200
FSM-150	150	21	17	8,7	1580x815x38	17,5	25500
FSM-160	160	21	17	9,2	1580x815x38	17,5	27200
FSM-170	170	21	17	9,86	1340x990x38	17,5	28900
FSM-180	180	21	17	10,4	1340x990x38	18	30600
FSM-200	220	63	36	6,05	1640x980x35	22	35200
FSM-225	225	63	36	6,2	1640x980x35	22	36000
FSM-230	230	63	36	6,33	1640x980x35	22	36800
FSM-235	235	63	36	6,47	1640x980x35	22	3760

Table 2.2 – Parameters of solar panels produced by “Telekom-STV” [5]

Model	Installed power, W	U, V	Um, V	Im, A	Proportions, mm	Weight, kg	Price, ₴.
TCM-30	30	21	17	1,65	376x654x43	3Д	5 200,00
TCM-60	60	21	17	3,45	773x676x43	6,7	6 600,00
TCM-80A	80	21	17,5	4,55	1183x563x43	7,9	8 700,00
TCM-80B	80	42	34	2,17	1183x563x43	7,9	9 700,00
TCM-100A	96	21	17	5,6	1050x665x43	8,8	10 100,00
TCM-100B	96	42	34	2,8	1050x665x43	8,8	10 100,00
TCM-140A	140	22	17,5	7,8	1468x673x43	12,1	12 400,00
TCM-140B	140	44	36	3,9	1468x673x43	12,1	12 400,00
TCM-160A	160	21	17	9,2	1580x815x43	15,4	17 300,00
TCM-160B	160	42	34	4,6	1580x815x43	15,4	17 300,00

TCM-180A	180	21	17	10,35	1580x815x43	15,4	19 400,00
TCM-180B	180	44	36	5	1580x815x43	17,4	19 400,00
TCM-200B	200	42	34	5,7	1310x996x43	17,4	15 500,00
TCM-220A	220	37	30	7,7	1633x996x43	18,5	16 400,00
TCM-230A	230	37	30	7,7	1633x996x43	18,5	16 800,00
TCM-240A	240	37	31	7,9	1633x996x43	18,5	17 200,00
TCM-250A	250	37	31	7,9	1633x996x43	18,5	21 600,00

Table 2.3 – Parameters of solar panels produced by “Solnechnayaenergiya” [5]

Model	Installed power, W	U, V	Um, V	Im, A	Proportions, mm	Weight, kg	Price, ₺.	Model
FM-10	10	17.5	0.57	21.5	0.63	294*350*28	1.1	1800
FM-20	20	17.5	1.14	22.0	1.23	510*360*20	2.2	2160
FM-40	40	17.5	2.29	22.0	2.53	500*670*28	4.4	3400
FM-60	60	17.5	3.43	22.0	3.77	730*670*35	6.6	5600
FM-80	80	17.5	4.57	22.0	5.06	920*670*35	8.8	6800
FM-100	100	17.5	5.71	21.5	6.14	1140*670*35	11	9000
FM-200	200	35.5	5.63	22.0	6.25	1540*992*40	19.5	15100
FM-230	230	35.5	6.48	21.5	7.06	1540*992*40	20.5	15900

Table 2.4 – Parameters of solar panels produced by “Energoimperya” [5]

Model	Installed power, W	U, V	Um, V	Im, A	Proportions, mm	Weight,kg	Price, ₺.	Model
FSM-95	95	20,5	17,52	5,13	5,57	1193x543x35	9	6100
FSM-140Π	140	21,6	18	7,77	8,44	1305x655x28	11	7500
FSM-150	150	22,6	19	7,89	8,53	1476x667x35	12	89000
FSM-190	180	43,8	36,5	5,21	5,8	1340x990x38	15,5	10500
RZMP-200-T	200	35,7	27,7	7,25	7,9	1640x980x36	21,5	14800
RZMP-210-T	210	36,2	28,1	7,5	8,1	1640x980x36	17	15550

From the tables above, we may conclude that the cheapest batteries are produced by the company “Solnechnayaenergoimperya”. Efficiency of the monocrystalline solar cells of such company is about 14%. Thus, we have an opportunity provide to solar panels with highest efficiency.

## **Conclusion**

In this work, potential of solar energy for a given facility was valued. The estimation showed that energy potential of solar resources is not sufficient to satisfy electricity needs of power supply. Therefore, technology of solar energy can be applicable only in hybrid energy systems based on the main generating source – diesel generator.

At the time of selecting main generating equipment, it was decided to use 985 solar modules and 3 diesel generators. The functioning of such hybrid power plant according to rough calculations leads to saving of 33 tons of diesel fuel per year, which in monetary value is 1,069,278 rubles. However, high cost of the equipment makes it necessary to assess economic efficiency of a hybrid power plant.

Economic efficiency estimation of this power plant was carried out by the method of reduced costs. Version of the application of hybrid power plant was compared to diesel power plant operation. These costs were lower, indicating greater cost-effectiveness and feasibility of the hybrid power plant.

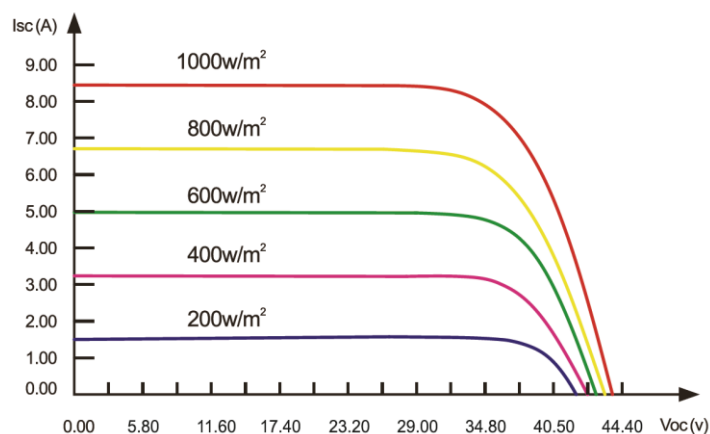


## References

1. Vissarionov V.I., Deriugina G.V., Kuznetsov V.A. Solar Energy: A manual for high schools / Ed. Q. Vissarionova. Publishing House: MEI, 2008. 320 p.
2. Solar equipment [electronic resource]. URL: <http://solarenergo.ru>.
3. Solar panels: production and deliveries [electronic resource]. URL: <http://solar-battery.narod.ru>.
4. Stand-alone solar systems, [electronic resource], URL: <http://suntechnology.ru>.
5. Systems PV Modules, [electronic resource], URL: <http://hevelsolar.com>.

Приложение Б - Технические характеристики солнечного модуля Exmork ФСМ-300М

Материалы	
Рама	Анодированный алюминий
Стекло	Специальное защитное стекло для солнечных модулей
Светопроницаемость стекла	97%
Ветровая нагрузка	До 60 м/с
Фронтальный ламинат	Ni-sheet RC 02B (0.45 мм. толщина)
Подкладка	фольгированный материал, PTL3-38/75(0.17 мм. толщина)
Температурные режимы работы	
Оптимальная температура без потери мощности	До + 47 °С
Рабочий диапазон	От – 47 °С до + 85 °С
Степень герметизации	IP 65 (корпус, распределительная коробка)
Энергетические показатели	
Паспортная мощность	320 Вт
Номинальное напряжение	24 В
Напряжение при пиковой мощности	37,62 В
Напряжение Voc	43,15 В
Напряжение максимальное в системе Vdc	1000 В
Ток Imp	7,98 А
Ток Isc	9,14 А
Прочие характеристики	
Коннекторы	МС 4
Длина кабеля	900 мм
Сечение кабеля	4 мм <sup>2</sup>
Количество диодов	6 шт



## Приложение В – Технические характеристики АКБ DELTA BATTERY

### GX 12-200



GX 12-200

12В 200Ач

Свинцово-кислотные аккумуляторы **DELTA** серии **GX** изготовлены по технологии GEL. В качестве электролита используется загущенная серная кислота в виде геля, что обеспечивает устойчивость аккумуляторов **DELTA GX** к глубоким разрядам и высокую температурную стабильность.

Аккумуляторы **DELTA** серии **GX** предназначены для работы как в буферном, так и в циклическом режимах.

#### Габариты

Длина, мм	522
Ширина, мм	238
Высота, мм	218
Полная высота, мм	240
Вес, кг	65



#### Конструкция батарей

Компонент	Полож. пластина	Отриц. пластина	Контейнер	Крышка	Клапан	Клеммы	Сепаратор	Электролит
Материал	Диоксид свинца	Свинец	ABS	ABS	Каучук	Медь	Стекловолокно	Гель

#### Технические характеристики

Номинальное напряжение	12 В
Число элементов	6
Срок службы	10 лет
Номинальная емкость (20°C)	
20 часовой разряд (10.25 А, 10.8 В)	205 Ач
10 часовой разряд (20 А, 10.8 В)	200 Ач
5 часовой разряд (36 А, 10.5 В)	180 Ач
1 часовой разряд (131 А, 9.6 В)	131 Ач
Внутреннее сопротивление	
полностью заряженной батареи (20°C)	3.6 мОм
Саморазряд	3% емкости в месяц при 20°C

#### Особенности

- Продолжительный срок службы;
- Устойчивость к глубоким разрядам;
- Температурная стабильность характеристик;
- Исключены утечки кислоты, гарантируется безопасная эксплуатация с другим оборудованием;
- Отсутствует газовыделение, достаточно естественной вентиляции;
- Нет необходимости в контроле уровня и доливе воды;
- Корпус выполнен из негорючего пластика ABS.

#### Рабочий диапазон температур

Разряд	-20~60°C
Заряд	-10~60°C
Хранение	-20~60°C
Макс.разрядный ток (20°C)	1000 А (5с)
Циклический режим (14.4-14.7 В)	
Макс.зарядный ток	60 А
Температурная компенсация	-30 мВ/°C
Буферный режим (13.5-13.8 В)	
Температурная компенсация	-20 мВ/°C
Ток короткого замыкания	3300 А

Разряд постоянным током, А при 25°C

А/эл-т	5 мин	10 мин	15 мин	30 мин	1 ч	3 ч	5 ч	10 ч	20 ч
1.60 В	507	405	332	223	131	53.9	40.2	20.4	10.55
1.65 В	481	386	317	214	126	52.1	38.7	20.3	10.50
1.70 В	453	366	301	205	122	50.3	37.5	20.2	10.45
1.75 В	427	346	287	195	116	48.6	36.0	20.1	10.40
1.80 В	399	324	270	184	110	46.2	34.3	20.0	10.25

Разряд постоянной мощностью, Вт при 25°C

Вт/эл-т	5 мин	10 мин	15 мин	30 мин	45 мин	1 ч	2 ч	3 ч	5 ч
1.60 В	865	708	575	398	300	239	133	97.9	71.0
1.65 В	831	684	558	388	293	234	131	96.1	70.9
1.70 В	797	659	539	377	286	229	128	94.3	69.8
1.75 В	762	633	521	364	276	222	125	92.6	68.8
1.80 В	725	605	498	350	267	215	120	89.4	67.7

Приложение Г – Технические характеристики инвертора SCHNEIDER  
ELECTRIC CONEXT XW6048

Модель	CONEXT XW6048
Длительно отдаваемая выходная мощность	6000 Вт
Пиковая мощность	12000 Вт (15с)
Пиковый ток	53 А (15с)
Максимальный КПД	95,4%
КПД при полной нагрузке	92%
Форма колебаний	Чистая синусоида
Энергопотребление в режиме холостого хода – режим преобразования, без нагрузки	28 Вт
Энергопотребление в режиме холостого хода – режим поиска	< 7 Вт
Выходное напряжение	230 В АС, $\pm 3\%$
Непрерывный ток выхода АС	26,1 А
Частота на выходе АС	50,0 $\pm$ 0,1 Гц
Суммарный коэффициент гармоник	< 5 %, при номинальной мощности
Входное напряжение DC (номинальное значение)	50,4 В, DC
Диапазон входного напряжения DC	40-64 В, DC
Постоянный ток при номинальной мощности	131 А
Непрерывный ток зарядки при номинальной мощности	100 А
Зарядка с коррекцией коэффициента мощности	Коэффициент мощности (0,99)
Поддерживаемые типы АКБ	Наливной (стандартный), Gel, AGM
Емкость батарейного блока	100-2000 А·ч
Панель дисплея	Индикаторы состояния отображают состояние входа DC, наличие неисправностей/предупреждений, режим выравнивания заряда, уровень заряда АКБ
Тип корпуса	IP 20, для внутренней установки
Рабочий диапазон температур	От -25 до 70°C
Номинальный температурный диапазон	0-40°C
Размеры инвертора (В x Ш x Г)	580 x 410 x 230 мм
Масса инвертора	55,2 кг

